

## **TREND HUJAN DI MUSIM KEMARAU YANG BERKURANG BELUM TENTU MENIMBULKAN INTENSITAS KEKERINGAN YANG BERTAMBAH PARAH**

### ***DECREASING RAINFALL TREND IN DRY SEASON SHALL NOT SPECIFICALLY CAUSE AN SEVERE DROUGHT INTENSITY***

**Wanny K. Adidarma**

Balai Hidrologi dan Tata Air, Pusat Libang Sumber Daya Air  
Jalan Ir. H. Juanda 193, Bandung  
E-Mail: wannyadi@gmail.com

Diterima: 11 Juli 2013; Disetujui: 13 September 2013

#### **ABSTRAK**

*Perubahan karakteristik hujan bulanan diperiksa melalui uji keberadaan trend dan uji perubahan distribusi dikaitkan dengan perubahan kondisi kekeringan menggunakan Indeks Kekeringan dari Standardized Precipitation Index (SPI) dalam bentuk durasi dan intensitas kekeringan. Perubahan trend hujan di beberapa wilayah sangat signifikan yaitu jumlah curah hujan tahunan dan musim kemarau yang berkurang di sebagian besar wilayah Cirebon dan hujan tahunan dan musim hujan bertambah di sebagian wilayah Pekalongan dan hujan tahunan dan musim kemarau berkurang di sebagian kecil wilayah Kedu. Begitu pula halnya di wilayah Kedu dan Cirebon mengalami perubahan distribusi hujan sebelum tahun 1945 dibandingkan dengan hujan periode setelah tahun 1970 terutama untuk musim kemarau Maret-Agustus. Lain halnya dengan wilayah Pekalongan perubahan distribusi hujan terjadi pada musim basah September-Februari. Di sisi lain, intensitas kekeringan maksimum per dasawarsa menunjukkan adanya kecenderungan bertambah besar untuk wilayah Kedu dan Pekalongan dan frekuensi terjadinya kekeringan ekstrim menjadi lebih sering di akhir dasawarsa terutama di wilayah Pekalongan meskipun jumlah pos hujan yang mengalami pengurangan hujan hanya sedikit. Bahkan, wilayah Cirebon dengan jumlah pos hujan yang mengandung trend penurunan cukup banyak tetapi frekuensi kejadian intensitas kekeringan maksimum di dasawarsa terakhir tidak terlalu meningkat dibandingkan dua wilayah yang lain.*

**Kata Kunci:** *Trend, uji statistik, indeks kekeringan, intensitas kekeringan, durasi kekeringan, standardized precipitation index*

#### **ABSTRACT**

*Rainfall changes are examined by tests of trend and distribution change associated with the changes of drought using the drought index of the Standardized Precipitation Index (SPI) such as duration and drought intensity. In some regions, these rainfall changes can be very significant, i.e. a reduced annual rainfall and dry season in most areas of Cirebon (West Java), increase of annual rainfall and rainy season in some areas of Pekalongan (Central Java) and the decrease of annual rainfall and dry season in a small part of the Kedu region (Central Java). So also was a change of rainfall distribution observed before the year 1945 if compared to the rainy season after the year 1970, particularly during the dry season from March to August. Different to the Pekalongan region, rainfall distribution changes in this area occurred in the rainy season. On the other hand, maximum drought intensity per decade showed a significant increasing trend, especially in the Kedu and Pekalongan regions, and frequency of extreme drought had intensified particularly for the Pekalongan region although the number of rain stations experiencing a decrease of rainfall were small. On the contrary, in the Cirebon region where a large number of rain stations showed a significant decreasing trend, frequency of maximum drought intensity at the end of decade showed only a slight increase if compared to the two other regions.*

**Keywords:** *Trend, statistical test, Drought Index, Drought Intensity, Drought Duration, Standardized Precipitation Index*

## PENDAHULUAN

Pemanasan global yang meningkat selama beberapa dekade ini sangat erat hubungannya dengan perubahan siklus hidrologi dalam skala besar seperti kandungan uap air di atmosfer yang menaik, perubahan pola, intensitas dan nilai ekstrim hujan serta berubahnya kelengasan tanah dan limpasan aliran air permukaan. Perubahan hujan mengindikasikan variabilitas meruung dan inter-dekade yang cukup signifikan. Frekuensi hujan lebat bertambah di beberapa wilayah dan secara global, daerah yang diklasifikasikan kering juga bertambah dari 1% menjadi 30% di tahun 2100 (IPCC, 2008).

Sampai sejauh mana perubahan iklim mempengaruhi besaran hujan dan kekeringan meteorologi di Pulau Jawa, studi ini mencoba menjawab dengan menggunakan berbagai metodologi untuk mendeteksi kecenderungan hujan dan intensitas kekeringan yang terjadi. Identifikasi terhadap dampak perubahan iklim terhadap pola hujan dan secara khusus watak kekeringan di Pulau Jawa sangat penting dalam menyusun langkah adaptasi yang tepat.

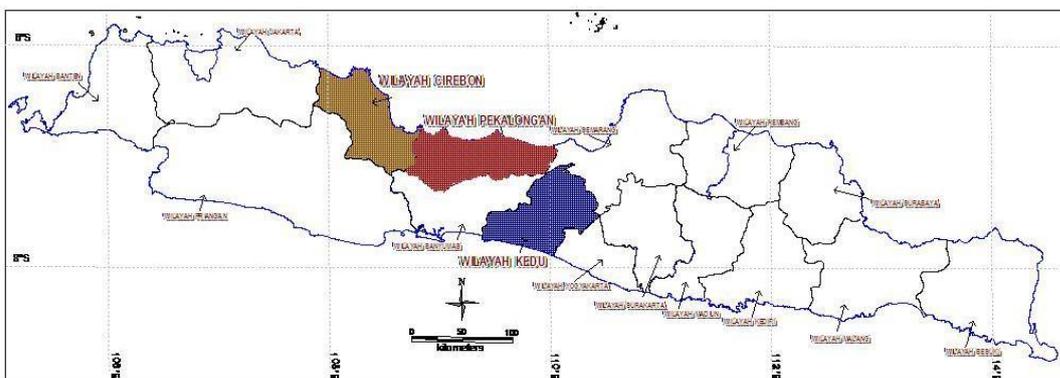
Maksud dari penelitian ini yaitu menggali keterkaitan antara kecenderungan hujan yang berkurang atau bertambah besar serta perubahan distribusi dengan perubahan watak kekeringan. Sedangkan tujuan dilakukannya penelitian yaitu memberikan gambaran akan dampak perubahan iklim terhadap pola hujan dan kejadian ekstrim kering.

Wilayah studi dibatasi oleh wilayah meteorologi yang dibuat oleh BMG sebelum berganti nama menjadi BMKG. Saat ini pembagian wilayah diubah menjadi zona yang jumlahnya jauh lebih banyak. Pemilihan wilayah berdasarkan ketersediaan data hujan yang menerus dan cukup panjang di Pulau Jawa yaitu wilayah Cirebon, wilayah Pekalongan dan wilayah Kedu, lihat Gambar 1.

## KAJIAN PUSTAKA

Sampai sejauh mana dampak perubahan iklim mempengaruhi besaran hujan dan kekeringan meteorologi di Pulau Jawa khususnya dan Indonesia secara umum, beberapa studi dari berbagai sumber mencoba menjawab dengan menggunakan berbagai metodologi untuk mendeteksi trend hujan. Identifikasi terhadap dampak perubahan iklim terhadap pola hujan dan secara khusus pada watak kekeringan meteorologi sangat penting dalam menyusun langkah adaptasi yang tepat. Frekuensi hujan lebat bertambah di beberapa wilayah secara global maupun lokal, serta wilayah yang diklasifikasikan kering juga bertambah lebih dari dua kalinya semenjak tahun 1970 (IPCC, 2008). Hasil kajian dari Adidarma (2009) mengindikasikan hujan tahunan dan musiman mengalami penurunan signifikan di beberapa wilayah di Pulau Jawa seperti Banten, Cirebon, Surakarta dan Semarang. Rembang, Madiun dan Jakarta musim basah yang meningkat hujannya tetapi hujan musim kemarau dan tahunan tetap berkurang. Triweko dan Wanny (2009) mendeteksi adanya trend peningkatan intensitas kekeringan ekstrim di WS Pemali-Comal.

Salah satu kajian mengenai hubungan antara trend curah hujan dan trend kekeringan dilakukan Paulo, Rosa dan Pereira (2012) di Portugal berdasarkan data hujan di 27 pos klimatologi tahun 1941-2006. Seri hujan tahunan tidak menunjukkan keberadaan trend di semua pos, hujan bulan Oktober bertambah di 17 dari 24 pos serta hanya di bulan Maret hujan agak berkurang di 25 dari 27 pos. Uji keberadaan trend dengan Mann-Kendall dari seri indeks kekeringan menggunakan SPEI (*Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*) 80% wilayah studi terkena kekeringan yang bertambah besar intensitasnya. Jadi meskipun besaran curah hujan tidak berubah banyak, masih ada kemungkinan karakteristik kekeringannya berubah.



**Gambar 1** Lokasi wilayah BMKG yaitu Cirebon, Kedu dan Pekalongan

**METODOLOGI**

Berbagai deret data hidrologi yang cukup panjang, minimal 50 tahun, diuji Keberadaan Trend melalui Spearman, Kendall serta Pearson (*Regeesion*). Beberapa studi mengenai metode untuk mendeteksi trend pada seri data hujan, baik tahunan maupun bulanan atau musiman serta harian maksimum tahunan sudah dilakukan oleh Ke et al. (2005), Giokomakis et al. (1997); Onoz et al. (2003); Yue et al. (2002) dan disimpulkan bahwa metode Mann-Kendall memberikan hasil yang terbaik.

Dalam studi ini pemeriksaan terhadap hujan bulanan yang menerus dilakukan menggunakan Uji Trend Mann-Kendall untuk Keberadaan Trend, Uji Perubahan Distribusi Mann-Whitney untuk perubahan distribusi (Ke et al., 2005). Pemeriksaan tersebut bertujuan untuk melihat perubahan yang terjadi pada besaran hujan.

Menurut definisi kekeringan meteorologi adalah besarnya curah hujan yang turun kurang dari biasanya sehingga menimbulkan kemarau panjang dan menimbulkan dampak pada berbagai sektor. Dengan demikian kejadian kekeringan tidak selalu ada di musim kemarau melainkan dapat terjadi sepanjang tahun. Indeks kekeringan adalah nilai tunggal yang menggambarkan tingkat keparahan kekeringan (Knutson et al., 1998), dihitung dari data hujan dan digunakan sebagai indikator pasok air. Salah satu metode untuk menghitung Indeks Kekeringan menggunakan Standardized Precipitation Index atau SPI (Mc. Kee, 1993).

SPI merupakan transformasi deret hujan bulanan dengan berbagai skala waktu 1-6 bulan, menggunakan *moving average*, menjadi deret probabilitas Gamma selanjutnya ditransformasikan menjadi nilai z dari Normal Baku. Nilai z tersebut adalah SPI yang tidak berdimensi dengan skala

waktu tertentu dan dapat menggambarkan tingkat kekeringan jika bertanda negatif.

Bila seri data periodik berupa hujan bulanan disebut  $X_{v,\tau}$  dimana  $v$  menunjukkan tahun dan  $\tau$  adalah bulan (dari Januari sampai dengan Desember), maka persamaan distribusi probabilitas cdf Gamma dapat digambarkan dengan Persamaan 1) sampai dengan 5).

$$F_x (X_{v,\tau}; \alpha_\tau; \beta_\tau) = 1/\{\beta_\tau \alpha_\tau \Gamma(\alpha_\tau)\} X_{v,\tau}^{(\alpha_\tau-1)} e^{-(X_{v,\tau}/\beta_\tau)} \tag{1}$$

Keterangan:

$$\alpha_\tau = \mu_\tau^2 / \sigma_\tau^2 \tag{2}$$

$$\beta_\tau = \sigma_\tau^2 / X_\tau \tag{3}$$

$\mu_\tau$  = rata-rata  $X_{v,\tau}$  pada bulan ke  $\tau$

$\sigma_\tau$  = simpangan baku pada bulan ke  $\tau$

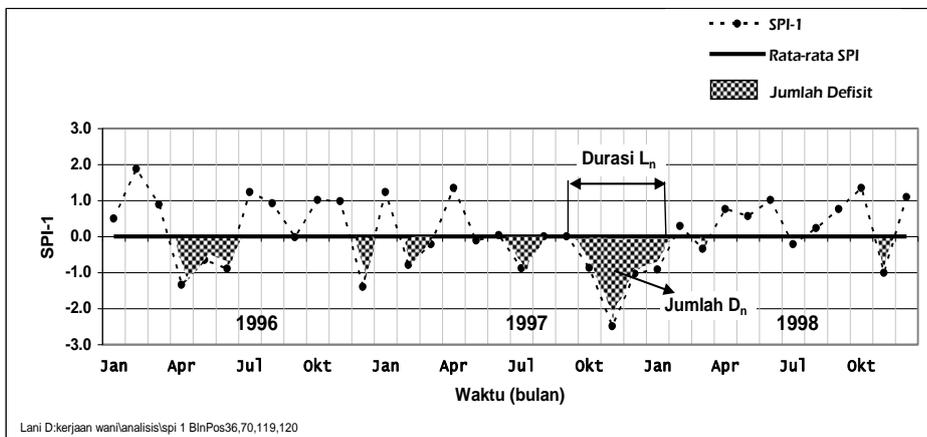
Seri probabilitas diubah menjadi nilai Z yang merupakan variabel yang mengikuti cdf (*cumulative distribution function*) dari Distribusi Normal Standard seperti terlihat pada Persamaan (5).

$$F_x(X) = Pr(X_{v,\tau} \leq x) = Pr(Z \leq (X_{v,\tau} - \mu_\tau) / \sigma_\tau) = Pr(Z \leq z) \tag{4}$$

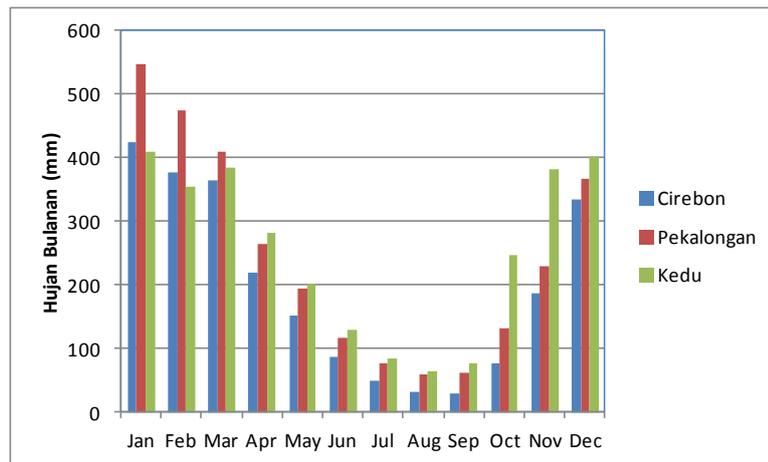
$$F_x(Z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dt \tag{5}$$

Nilai Z tersebut di atas disebut Standardized Precipitation Index atau disingkat SPI.

Secara deret waktu (*time series*) nilai SPI mengandung jenis distribusi yang sama setelah melalui dua kali transformasi berarti kandungan komponen musiman tereliminir sehingga dapat diterapkan *Theory of Run* agar dapat dihitung durasi, jumlah dan intensitas kekeringan. Cara kerja dari *Theory of Run* dapat dilihat pada Gambar 2, jika jumlah dan durasi kekeringan dapat dihitung maka intensitasnya ditentukan dengan membagi jumlah dan durasi kekeringan sehingga intensitas berdimensi 1/bulan. Intensitas kekeringan dianggap bernilai positif.



**Gambar 2** Cara kerja *theory of run*



Gambar 3 Hujan bulanan di tiga wilayah studi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Hujan Bulanan dan Tahunan

Pos hujan yang tersedia cukup banyak tetapi setelah melalui tahap penyaringan dan pengisian data, jumlah pos hujan menjadi 29 buah untuk Cirebon, 23 buah untuk Kedu dan 28 buah untuk Pekalongan. Nomor pos hujan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6. Rata-rata Hujan Bulanan di setiap Wilayah dapat dilihat pada Gambar 3, di bulan Januari, Februari dan Maret terbesar di Wilayah Pekalongan dan Desember, November di Wilayah Kedu, hujan di musim kemarau maupun musim hujan yang terkecil.

Hujan Tahunan di Pekalongan 3075 mm, Kedu 3025 mm dan Cirebon 2315 mm. Pengelompokan hujan 30 tahunan tidak mengindikasikan perbedaan hujan yang berarti, kecuali Kedu koefisien variasi melonjak di Kelompok Tahun 2 dan 3, seperti terlihat pada Table 1. Koefisien variasi di Kedu yang tinggi (pada tahun 1941-2000an) melebihi dua wilayah yang lain mengindikasikan sebaran hujan tahunan

secara temporal lebih tidak merata. Koefisien variasi tinggi secara ruang terjadi di Pekalongan.

Hujan bulanan maupun tahunan yang terkecil terjadi di Cirebon, sedangkan koefisien variasi hujan bulanan terbesar juga di Cirebon seperti terlihat pada Tabel 2. Koefisien variasi besar berarti beda curah hujan dari bulan ke bulan semakin besar.

### Pengujian terhadap hujan musiman

Pembagian musim seperti halnya hujan tahunan, hujan musim kemarau dan musim hujan dilakukan untuk menerapkan pengujian. Uji Keberadaan Trend dan Perubahan Distribusi dilakukan pada hujan tahunan, musim kering dan basah. Ada 3 periode yaitu pertama periode 1916-1940; kedua periode 1941-1970 dan ketiga periode 1971-2000. Pembagian musim kering dan musim hujan dilakukan berdasarkan berbagai periode seperti Maret-Agustus (MAMJJJA) dan September-Februari (SONDJF) serta April-September dan Oktober-Maret atau Mei-Oktober dan November-April. Hasil pengujian trend di tiga wilayah menggunakan berbagai periode tersebut

Tabel 1 Hujan tahunan rata-rata dan koefisien variasi hujan tahunan

Wilayah	Parameter	Kelompok Tahun			
		1 1916-1940	2 1941-1970	3 1971-2000	
Pekalongan	Hujan Tahunan				
	Rata-Rata	3027.4	3031.6	3160.7	
	Cv=0.3007	Cv	0.1185	0.1596	0.1156
Kedu	Hujan Tahunan				
	Rata-Rata	3065.1	3124.6	2925.9	
	Cv=0.2357	Cv	0.1565	0.2331	0.2208
Cirebon	Hujan Tahunan				
	Rata-Rata	2399.6	2309.1	2265.8	
	Cv=0,2732	Cv	0.1487	0.1684	0.1234

**Tabel 2** Hujan bulanan rata-rata dan koefisien variasi hujan bulanan

Wilayah	Parameter	Kelompok Tahun		
		1 1916-1940	2 1941-1970	3 1971-2000
Pekalongan	Hujan Bulanan	253.4	251.5	263.9
	Koef. Variasi	0.7555	0.7657	0.7517
Kedu	Hujan Tahunan	258.2	258.6	244.0
	Koef. Variasi	0.6584	0.6752	0.7016
Cirebon	Hujan Tahunan	200.4	191.9	189.3
	Koef. Variasi	0.8149	0.8250	0.8140

**Tabel 3** Presentase pos hujan setelah diuji keberadaan trend

Wilayah	Tahunan (Januari-Desember)			M.Kemarau (Maret-Agustus)			M.Hujan (September-Februari)		
	Positif	Negatif	Tidak ada	Positif	Negatif	Tidak ada	Positif	Negatif	Tidak ada
Cirebon	3,5	37,9	58,6	0,0	41,4	58,6	6,9	10,3	82,8
Kedu	0,0	26,1	73,9	0,0	26,1	73,9	0,0	13,6	86,4
Pekalongan	20,6	5,9	73,5	2,9	17,6	79,5	32,4	2,9	64,7

mengindikasikan bahwa prosentasi jumlah pos hujan terbesar yang lulus pengujian diperoleh dengan menggunakan periode Maret-Agustus dan September-Februari. Jumlah pos hujan yang tersebar secara merata di seluruh wilayah dapat menggambarkan kondisi seluruh wilayah yang bersangkutan.

#### a Wilayah Cirebon

Hujan musim kemarau (MAMJJA) menurun secara signifikan di 41,4% pos hujan atau 41,4% wilayah sejalan dengan hujan tahunan yang menurun di 37,9%. Trend yang signifikan ditengarai oleh perubahan distribusi melalui pengujian distribusi dari Mann-Whitney antara periode 1 dan 3 (1916-1940 dan 1971-2000), khusus musim kemarau mencapai prosentasi tertinggi 42% luas wilayah mengalami perubahan distribusi hujan secara signifikan. Di musim hujan luas wilayah yang berubah distribusinya hanya 11,6%. Secara garis besar hujan menurun terutama di musim kemarau, lihat Tabel 3 dan Gambar 4.

#### b Wilayah Kedu

Hujan tahunan dan musim kemarau menurun secara signifikan di 26,1% wilayah sebenarnya tidak separah wilayah Cirebon. Di musim kemarau jumlah pos yang mengalami perubahan distribusi meningkat dan mencapai puncaknya di kombinasi kelompok 1 (1916-1940) dan 3 (1971-2000) yaitu di 30,4% wilayah. Musim hujan tidak ada peningkatan tetapi pengurangan curah hujan pada luasan kurang dari 20% wilayah seperti terlihat pada Gambar 4 dan Tabel 3.

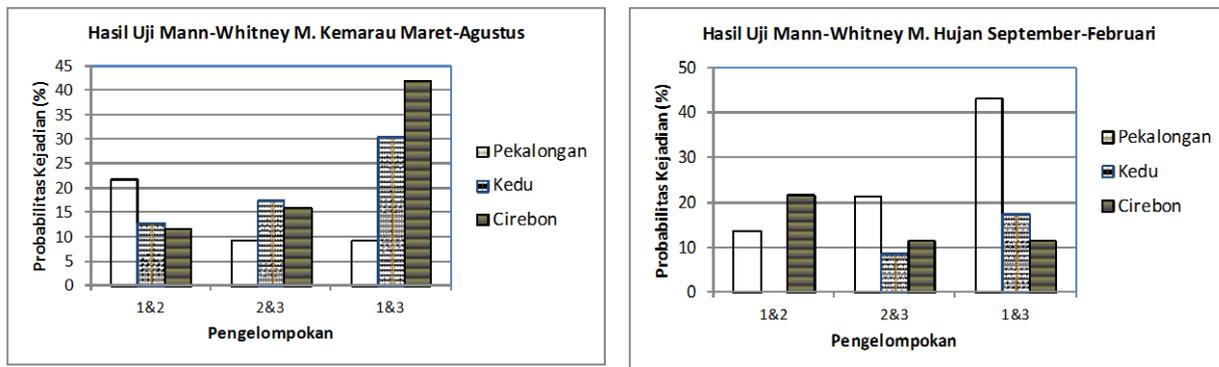
#### c Wilayah Pekalongan

Hujan tahunan dan musim basah mengandung trend positif yang signifikan atau mempunyai kecenderungan bertambah besar di 32,4% wilayah. Hal ini ditengarai oleh perubahan distribusi di musim hujan untuk periode 1 dibandingkan periode 3 terjadi di 43,1% wilayah. Musim kemarau yang mengandung trend turun hanya di 17,6% (lihat Tabel 3) dan pengujian perubahan distribusi untuk musim kemarau menunjukkan angka 21,9% di kombinasi periode 1 dan 3 (lihat Gambar 4). Dari kajian di atas terlihat sepintas bahwa wilayah Cirebon terparah dalam mengalami pengurangan curah hujan tahunan terlebih lagi musim kemarau ditambah lagi perubahan distribusi hujan musim kemarau yang terluas dibandingkan dua wilayah yang lain. Trend dari pengurangan dan perubahan hujan musim kemarau menyiratkan kejadian kekeringannya akan menjadi lebih parah. Kesimpulan sementara ini perlu pembuktian yang lebih cermat menggunakan deret yang berbeda yaitu kekeringan yang memperhatikan kejadian hujan dari bulan ke bulan yang mampu menggambarkan kekeringan yang sebenarnya.

#### Pengujian Terhadap Intensitas dan Durasi Kekeringan

##### a Seluruh Tahun

Indeks kekeringan setiap bulannya digambarkan oleh nilai SPI. SPI-1 berskala waktu 1 bulan atau SPI-3, SPI berskala waktu 3 bulan dan SPI-6 berskala 6 bulan. Indeks kekeringan SPI yang negatif berturut-turut akan membentuk durasi dan



**Gambar 4** Presentase pos hujan yang mengalami perubahan distribusi (kelompok 1: 1916-1940; kelompok 2: 1941-1970 dan kelompok 3 : 1971-2004)

**Tabel 4** Intensitas (1/bulan) dan durasi kekeringan rata-rata (bulan)

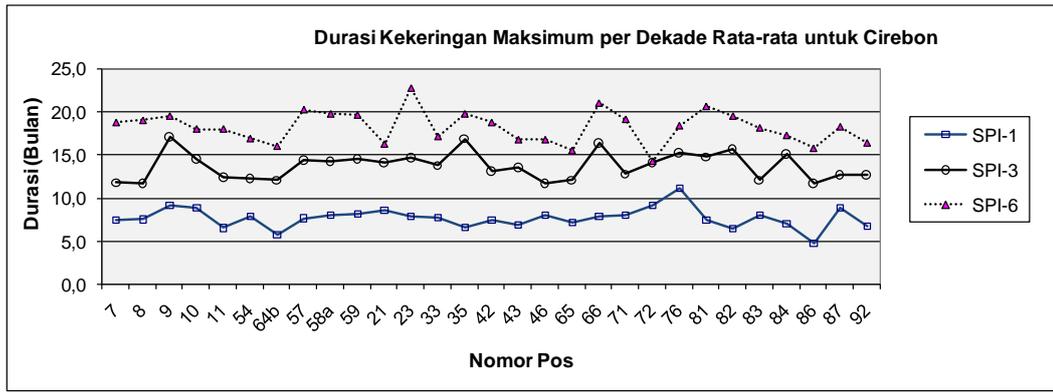
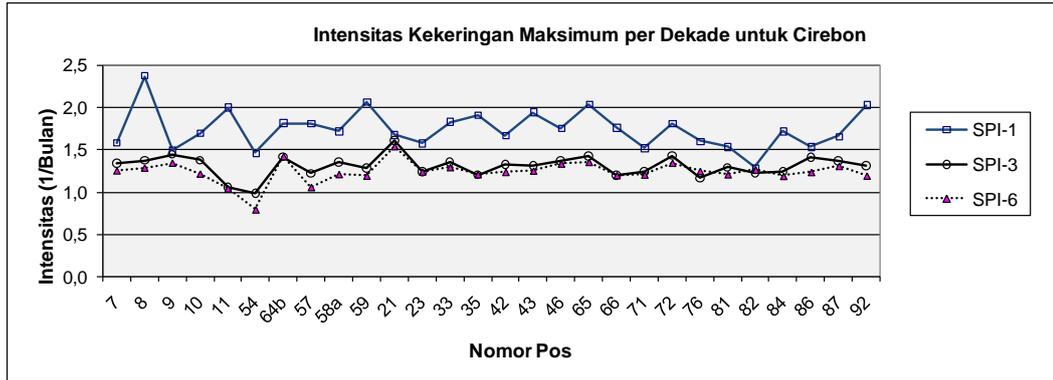
	Intensitas Rata-rata			Durasi Rata-rata		
	SPI-1	SPI-3	SPI-6	SPI-1	SPI-3	SPI-6
Cirebon	0,93	0,62	0,46	3,62	6,07	7,53
Kedu	0,90	0,57	0,41	3,95	6,77	8,38
Pekalongan	0,96	0,64	0,45	4,13	6,34	8,01

jumlah kekeringan tertentu serta berakhir pada intensitas kekeringan yang merupakan jumlah dibagi durasi kekeringan. Jumlah kekeringan tidak berdimensi menggambarkan tingkat keparahan kekeringan, durasi kekeringan bersatuan bulan sehingga intensitas kekeringan bersatuan 1/bulan. Intensitas dan durasi kekeringan rata-rata dengan nilai antara 0,9-1,0 untuk SPI-1; 0,6 untuk SPI-3 dan 0,4-0,5 untuk SPI-6 sedangkan durasi kekeringan sekitar 4 bulan untuk SPI-1; 6,5 bulan untuk SPI-3 dan 8 bulan untuk SPI-6, lihat Tabel 4. Perubahan intensitas dan durasi kekeringan maksimum tahunan untuk SPI semua skala selalu lebih kecil dari 2%/tahun, termasuk perubahan yang kecil. Fluktuasi intensitas SPI-1 rata-rata di setiap pos lebih besar dibandingkan SPI-3 dan SPI-6, sedangkan untuk durasi kekeringan rata-rata yang sensitif adalah SPI-6 dibandingkan SPI-1 dan SPI-3. Dengan demikian SPI-3 lebih stabil secara spasial baik ditinjau dari sisi intensitas maupun durasi kekeringan.

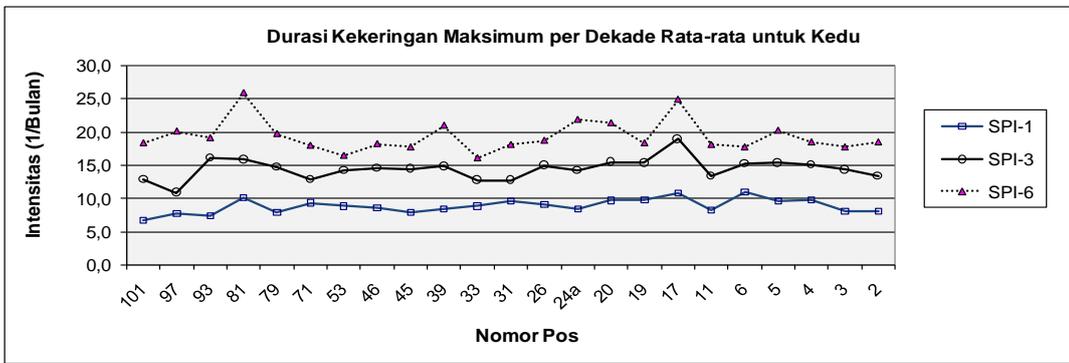
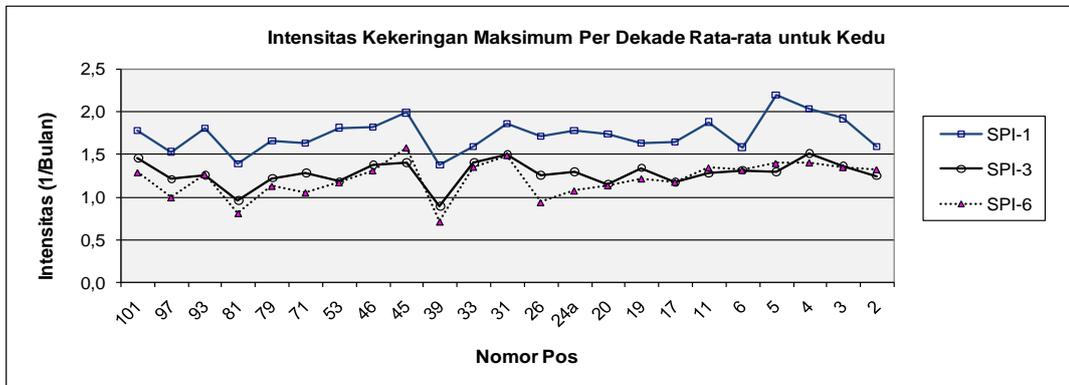
**b Per Dasawarsa (10 tahun)**

Data di seluruh wilayah dari tahun 1916 sampai sekitar 2000, Pekalongan 75 tahun (1916-2002); Cirebon 86 tahun (1916-2004) dan

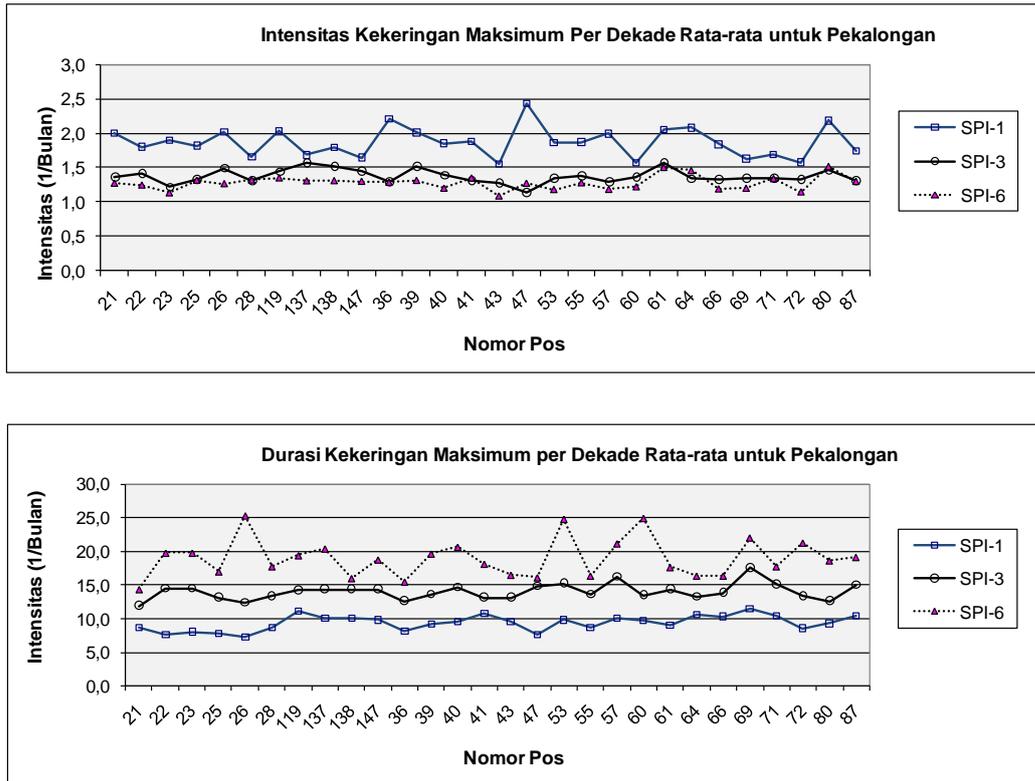
wilayah Kedu 83 tahun (1916-2004) terbagi menjadi 8 dasawarsa (10 tahunan). Bagi intensitas kekeringan SPI-3 dan SPI-6, rata-rata keduanya hampir mendekati satu sama lain lihat Tabel 5 dan Gambar 5 sampai dengan Gambar 7. Sekali lagi, seperti pada nilai rata-rata yang dibahas sebelumnya fluktuasi intensitas SPI-1 sangat terasa dibandingkan dua yang lain. Dari perhitungan terlihat bahwa rata-rata intensitas maksimum per dasawarsa (ada 8 nilai) SPI-3 dan SPI-6 ada pada antara 1,0-1,5 sedangkan rata-rata durasi maksimum SPI-3 ada antara 10-15 bulan seperti terlihat pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 7. Perubahan intensitas dan durasi maksimum dari dasawarsa ke dasawarsa sangat kecil di bawah 1,0%/tahun sehingga sulit untuk dapat dideteksi keberadaannya. Durasi maksimum rata-rata mencapai 8-9 bulan untuk SPI skala waktu 1 bulan dan 14 bulan untuk SPI skala waktu 3 bulan serta 18-19 bulan untuk SPI skala waktu 6 bulan seperti terlihat pada Gambar 5 untuk Cirebon, Gambar 6 untuk Kedu dan Gambar 7 untuk Pekalongan. Jadi, kejadian kekeringan tidak dibatasi oleh musim kemarau yang hanya sekitar 6 bulan dapat pula terjadi di musim hujan atau sepanjang tahun.



**Gambar 5** Rata-rata intensitas dan durasi kekeringan maksimum per dasawarsa di setiap pos hujan wilayah Cirebon



**Gambar 6** Rata-rata intensitas dan durasi kekeringan maksimum per dasawarsa di setiap pos hujan wilayah Kedu



**Gambar 7** Rata-rata intensitas dan durasi kekeringan maksimum per dasawarsa di setiap pos hujan wilayah Pekalongan

**c Frekuensi Intensitas Kekeringan Skala Waktu 3 Bulan Maksimum per Dasawarsa**

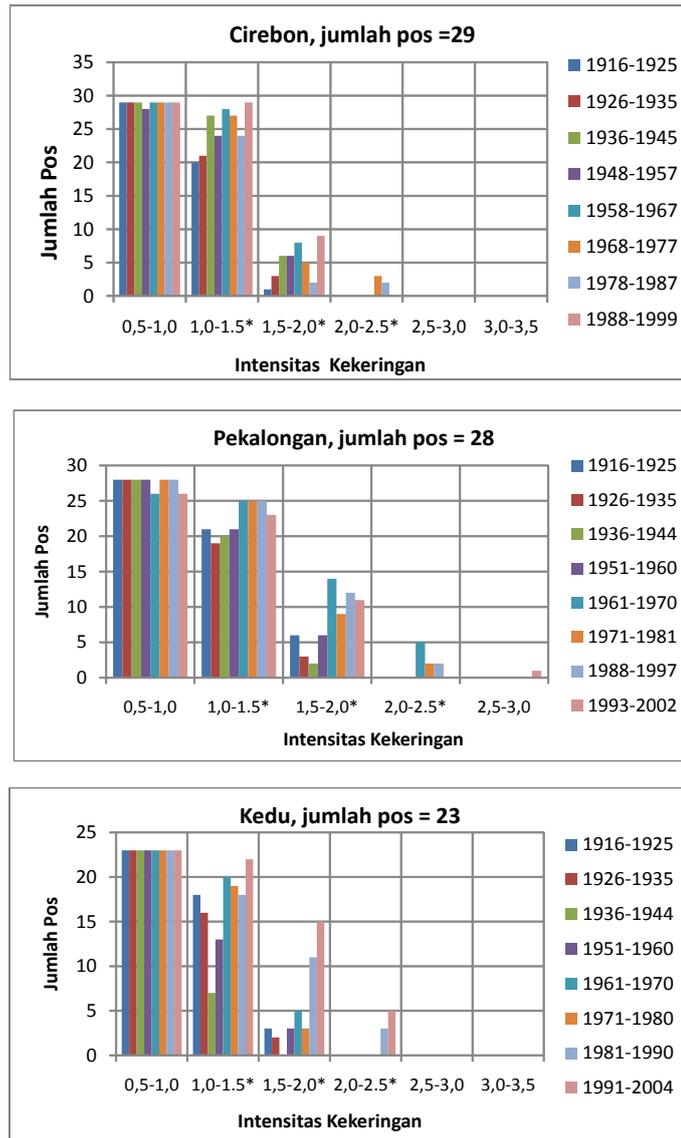
Kejadian ekstrim dari setiap dasawarsa digambarkan dengan nilai maksimum dari intensitas dan durasi kekeringan, hal ini dilakukan sebagai kajian terhadap kecenderungan nilai maksimum tersebut bertambah besar dari sisi frekuensi secara spasial maupun temporal. Keseringan kejadian intensitas tertentu di setiap dasawarsa (lihat Gambar 8) menunjukkan bahwa sampai dengan intensitas 1,5 keseringan kejadian masih dianggap normal untuk Cirebon dan Pekalongan kecuali Kedu.

Dari bahasan sebelumnya nilai rata-rata intensitas maksimum ada di antara 1,0-1,5, oleh karena itu nilai ekstrim diambil pada intensitas lebih dari 1,0 dan 1,5. Agar kecenderungan nilai ekstrim dapat terdeteksi dibuat perhitungan frekuensi kejadian per dasawarsa untuk intensitas lebih dari 1 dan 1,5. Perhitungan frekuensi dilakukan untuk jumlah pos yang mengalami intensitas tertentu dan jumlah pos-tahun atau jumlah kejadian selama 1 dasawarsa di semua pos dengan intensitas tertentu. Jumlah pos menggambarkan sebaran spasial dari intensitas tersebut dan jumlah pos-tahun mengindikasikan keseringan kejadian tersebut.

Gambar 9 menunjukkan prosentasi dari jumlah pos dan jumlah kejadian selama periode tertentu, yang terdiri dari 8 titik mewakili 8 dasawarsa, seri data 8 nilai prosentasi dapat diuji Keberadaan Trend nya dengan Mann-Kendall. Untuk intensitas kekeringan maksimum lebih dari 1,0 setelah dasawarsa ke 5 terjadi hampir di seluruh wilayah. Frekuensi kejadian tersebut di wilayah Cirebon dan Kedu mengindikasikan tidak ada Trend yang signifikan kecuali di Pekalongan.

Untuk intensitas lebih dari 1,5 secara spasial terjadi di sebahagian wilayah, perluasan wilayah Pekalongan terjadi setelah dasawarsa ke 5, sedangkan wilayah Cirebon berangsur-angsur bertambah sampai 40%, wilayah Kedu mengalami kenaikan yang signifikan pada dekade ke 7 dan ke 8 sampai mencapai 80%.

Keseringan intensitas lebih dari 1,0 dan 1,5 pada umumnya bertambah di dasawarsa akhir (7 dan 8). Wilayah Cirebon kenaikannya kurang berarti di kedua intensitas tersebut, wilayah Pekalongan pertambahannya menjadi kurang berarti karena pernah terjadi kekeringan yang cukup parah di dekade ke 5, wilayah Kedu mengalami kenaikan frekuensi yang cukup berarti di akhir dekade mencapai 10% jadi kurang lebih satu kali kejadian selama satu dekade di 80% pos hujan.



**Gambar 8** Keseringan kejadian intensitas tertentu di setiap dasawarsa untuk wilayah Cirebon, Pekalongan dan Kedu

Data hujan bulanan merupakan data sekunder yang digunakan untuk menghitung keberadaan Trend hujan tahunan dan musiman serta menguji perubahan distribusi.

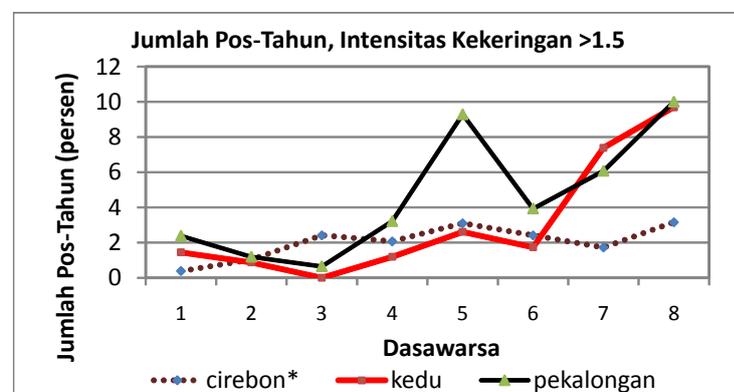
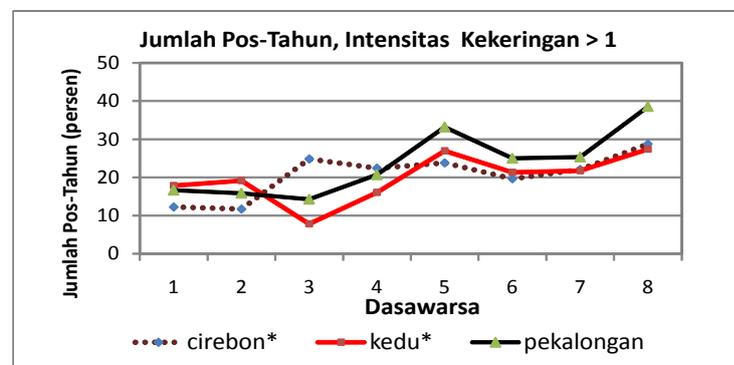
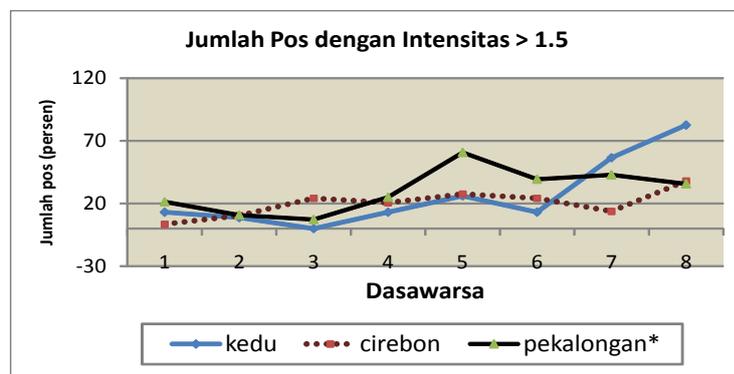
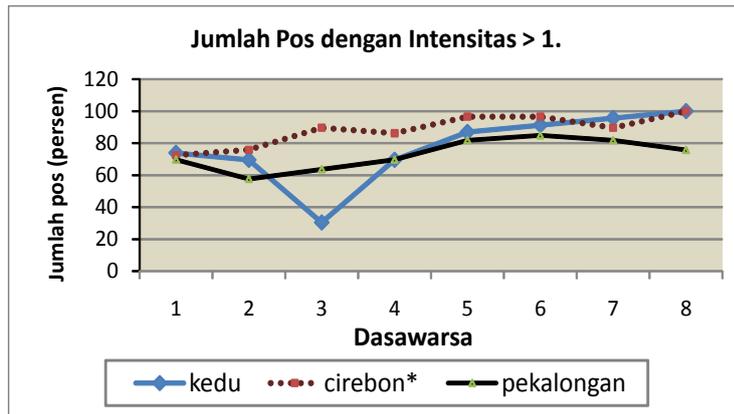
Pembedahan pertama merupakan turunan pertama dari data hujan menjadi seri intensitas kekeringan maksimum tahunan yang tidak mengindikasikan keberadaan Trend di semua wilayah.

Pembedahan kedua atau turunan kedua dari data hujan di semua wilayah adalah seri intensitas kekeringan maksimum per dasawarsa yang juga tidak menengarai keberadaan Trend.

Pembedahan ketiga atau turunan ketiga dari data hujan adalah frekuensi kejadian intensitas kekeringan lebih dari satu dan lebih dari 1,5 di

setiap dasawarsa. Dalam seri ini baru nampak adanya Trend terutama untuk yang lebih dari 1,5. Kejadian ekstrim diwakili oleh intensitas lebih dari 1,0 dan 1,5 seperti telah dibuktikan pada kajian sebelumnya.

Wilayah Cirebon mengalami penurunan curah hujan tahunan terutama di musim kemarau, tetapi hal ini tidak menengarai penambahan tingkat keparahan kekeringan. Uji perubahan distribusi menguatkan fenomena tersebut yaitu di atas 40% wilayah terjadi perubahan di musim kemarau Maret-Agustus di periode 1 yang dibandingkan dengan periode 3. Secara spasial dan keseringan kejadian kekeringan ekstrim (intensitas lebih dari 1 dan 1,5) tidak terlihat ada penambahan yang berarti (Gambar 9).



Gambar 9 Sebaran spasial dan keseringan kejadian untuk intensitas kekeringan > 1 dan >1.5

**Tabel 5** Rata-rata intensitas maksimum per dasawarsa

	Intensitas Maks. Rata			Durasi Maks. Rata		
	SPI-1	SPI-3	SPI-6	SPI-1	SPI-3	SPI-6
Cirebon	1,7	1,3	1,2	7,7	13,7	18,2
Kedu	1,7	1,3	1,2	9,4	14,0	19,2
Pekalongan	1,9	1,4	1,3	9,4	14,0	19,2

Wilayah Pekalongan mengalami penambahan curah hujan tahunan yang terkonsentrasi pada musim basah (September sampai Februari), hal ini dikuatkan oleh hasil pengujian Mann-Whitney yang menyatakan bahwa di atas 30% wilayah mengalami perubahan di musim hujan September-Februari. Di dasawarsa terakhir terjadi penambahan keseringan kejadian ekstrim meskipun tidak melampaui kejadian ekstrim di dasawarsa 5.

Wilayah Kedu tidak ada penurunan curah hujan yang cukup berarti tetapi sekitar 30% wilayah mengalami perubahan distribusi di musim kemarau untuk periode 1 (sebelum 1941) dibandingkan dengan periode 3 (sesudah 1970). Kejadian ekstrim mengalami kecenderungan bertambah secara signifikan pada intensitas lebih dari 1,5.

Dari ketiga wilayah studi, wilayah Kedu mengalami peningkatan kejadian ekstrim secara signifikan meskipun penurunan hujan tahunan dan musim kemarau kurang signifikan.

Pada Tabel 5 terlihat bahwa durasi rata-rata kekeringan ekstrim berkisar 14 bulan atau lebih dari satu tahun sehingga musim kemarau ditambah musim hujan dan setengah musim kemarau atau hujan. Kedu adalah satu-satunya wilayah yang tidak mengandung Trend positif (bertambah besar) baik hujan tahunan maupun musiman (Tabel 3). Dengan demikian, diperkirakan, penurunan hujan di sebagian besar wilayah seperti Cirebon dan disebagian kecil wilayah seperti Pekalongan yang disertai peningkatan curah hujan di sebagian kecil wilayah seperti Cirebon dan di sebagian besar wilayah seperti Pekalongan, tidak akan mengalami peningkatan frekuensi kejadian kekeringan ekstrim. Kedu, yang mengalami penurunan curah hujan di sebagian kecil wilayah tetapi tidak mengalami kenaikan curah hujan sama sekali berpotensi mengalami peningkatan frekuensi kekeringan ekstrim.

## KESIMPULAN

Kejadian kekeringan yang bertambah parah tidak dapat disimpulkan hanya dari adanya kecenderungan hujan musim kemarau yang turun drastis, seperti halnya Wilayah Cirebon.

Kejadian kekeringan yang berkurang frekuensinya tidak dapat disimpulkan dari adanya kecenderungan hujan musim basah yang makin bertambah seperti halnya wilayah Pekalongan.

Uji perubahan distribusi Mann-Whitney yang diterapkan pada tiga wilayah (Cirebon, Kedu dan Pekalongan) khususnya perbandingan antara periode 1 (1916-1940) dan periode 3 (1970-2000) yang dapat ditonjolkan adalah Cirebon yang di atas 40% wilayah berubah distribusi hujan musim kemarau (Maret -Agustus); Kedu mengalami perubahan di sekitar 30% wilayah di musim kemarau serta Pekalongan mengalami perubahan distribusi hujan di 30% wilayah pada musim hujan September-Februari.

Adanya kecenderungan penambahan frekuensi kejadian ekstrim (intensitas kekeringan lebih dari 1,5) yang signifikan dialami oleh wilayah Kedu. Secara spasial, keseringan kejadian kekeringan ekstrim awal dasawarsa kurang 20% luas wilayah dan berangsur-angsur naik dan mencapai 80% di akhir dasawarsa yaitu dasawarsa 8. Cirebon hanya mencapai 40% dari wilayah di akhir dasawarsa sedangkan Pekalongan berfluktuasi sehingga trend kenaikan kurang signifikan.

Wilayah Cirebon dengan hujan yang berkurang secara signifikan tidak dibarengi dengan bertambahnya frekuensi kekeringan ekstrim yang dinyatakan dengan intensitas kekeringan lebih dari 1,5. Bertambah besarnya hujan di Pekalongan tidak diikuti dengan berkurangnya frekuensi kejadian kekeringan tingkat ekstrim. Wilayah Kedu yang selama beberapa dasawarsa dengan curah hujan yang hampir tetap di 75% wilayah dan hanya berkurang di 25% luas wilayah dapat menimbulkan kecenderungan peningkatan kejadian kekeringan ekstrim.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adidarma, W. K, 2009, Identifikasi Dampak Perubahan Iklim Terhadap Seri Data Hujan di Pulau Jawa, Jurnal Sumber Daya Air ISSN : 1907-0276 Vol. 5, No.1, Mei 2009

- IPCC Technical Paper VI, 2008, *Climate Change and Water*, Edited by Bryson Bates, Zbigniew W. Kundzewics and Shaohong Wu.
- Edwards, D. C., Mc.Kee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1997, *Historical Analysis of Drought in the United States*, 77<sup>th</sup> AMS Annual Meeting, Long Beach, California.
- Giakoumakis, S. G., G. Baloutsos, 1997, *Investigation of Trend in Hydrological Time Series of the Evinos River Basin*, Hydrological Science-Journal, 42(1) February.
- Ke, Seng-Cheng, Hung-Wei Shu, Ming-Hua Tsai, 2005, *Test and Analysis of Trend Existence in Rainfall Data*, Council of Agriculture and Water Resources Agency ROC.
- Knutson, C., Hayes, M., Philips, T., 1998, *How to Reduce Drought Risk*, Preparedness and Mitigation Working Group, Western Drought Coordination Council, USA.
- Mc.Kee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1993, *The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales*, Eighth Conference on Applied Climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California, USA, page 179-184.
- Onoz, Bihrat, M. Bayazit, 2003, *The Power of Statistical Test for Trend Detection*, Turkish Journal Eng. Env. Sci, Istanbul, Turkey
- Paulo, A. A, R. D. Rosa, and L. S. Pereira, 2012, *Climate Trends and Behaviour of Drought Indices Based on Precipitation and Evapotranspiration in Portugal*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 1481–1491, 2012.
- Triweko, R. W And W. K. Adidarma, 2009, *Drought Tendencies in Pemali-Comal River Basin*, International Seminar on Climate Change Impacts on Water Resources and Coastal Management in Developing Countries, Menado 4-6 May 2009
- Yue, Sheng, Paul Pilon, Bob Phinney and Geoge Cavadias, 2002, *The Influence of Autocorrelation on the Ability to Detect Trend in Hydrological Series*, Hydrological Processes, Hydrol. Process. 16, 1807-1829, Wiley InterScience.