

IDENTIFIKASI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP SERI DATA HUJAN DI PULAU JAWA

Wanny Kristyanti Adidarma*)

Abstract

The identification of climate change impacts on rainfall (annual, seasonal and monsoon rainfall) was studied using hundreds of rainfall data ranging from 1916-2006. The existence of trend in annual and seasonal rainfall series was detected by Statistical Test, namely Mann-Kendall and the Difference of Two Populations in monsoon series using Mann-Whitney.

The results of the test showed that annual and seasonal rainfalls in most of the studied area had decreased where others had increased. The monsoon rainfall showed a significant difference in frequency distribution particularly in the months March-April-May (MAM) and December-January-February (DJF).

Keywords : *Trend, difference of two population, annual rainfall, seasonal rainfall, monsoon rainfall*

PENDAHULUAN

1 Latar Belakang

Salah satu parameter iklim yang paling menonjol adalah suhu, hampir di seluruh bumi suhu udara mengalami kenaikan yang berakibat pada bertambah besarnya penguapan. Parameter iklim yang lain, seperti hujan, mengalami kenaikan secara global namun secara regional masih kurang menentu.

Sistem sumber daya air dirancang dan dioperasikan berdasarkan asumsi hidrologi stasioner. Apabila saat ini asumsi tersebut masih dipertahankan maka sistem yang sekarang menjadi *over* atau *under design*. Trend atau kecenderungan dari seri data hujan lebih banyak disebabkan oleh perubahan iklim sebagai akibat konsentrasi GRK (Gas Rumah Kaca) meningkat.

Perubahan iklim dinyatakan dalam bentuk

perbedaan nilai rata-rata jangka panjang dari deret data, di mana rata-rata dihitung dari interval waktu tertentu biasanya beberapa dekade. Pengujian deret data hujan dari keberadaan trend dapat dilakukan dengan statistik parametrik (*Linear Regression*) atau non-parametrik (Mann-Kendall atau Spearman Rho), Ke et al. (2005). Hasil pengujian dapat dijadikan indikator perubahan iklim di Indonesia.

2 Tujuan dan Sasaran

Tujuan

Melakukan analisa trend dari seri data hidrologi seperti hujan tahunan, musiman dan musim monsun serta menguji perubahan distribusi frekuensi dari periode satu ke periode yang lain.

*) Peneliti Madya Bidang Hidrologi, Puslitbang Sumber Daya Air

Sasaran

Menyiapkan informasi mengenai pengaruh perubahan iklim terhadap kondisi sumber daya air sehingga dapat disusun upaya-upaya adaptasi yang dapat dilakukan dan mengarah pada penekanan risiko bencana.

METODOLOGI

Berbagai deret data hujan yang cukup panjang, minimal 50 tahun, diuji keberadaan trend melalui Spearman, Kendall serta Pearson (Regression). 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. Selain trend juga pengujian terhadap perubahan distribusi dilakukan menggunakan Mann-Whitney selama kurun waktu 30 tahunan (Ke et al., 2005). Kedua bentuk pengujian ini diterapkan agar dampak perubahan iklim terhadap pola hujan dapat teridentifikasi. Dalam menerapkan pengujian dicoba untuk mensimulasi data dengan Model Monte Carlo sehingga panjangnya menjadi 200 realisasi (*realization*), hal ini dilakukan agar hasil pengujian lebih handal.

Pembagian wilayah yang digunakan pada studi ini diambil dari sistim pengwilayahan BMKG yang lama karena di tahun 2005 mengalami perubahan. Pembagian wilayah yang lama meliputi Banten, Priangan, Jakarta, Cirebon untuk Jabar dan Banyumas, Kedu, Yogyakarta, Pekalongan, Semarang, Surakarta, Rembang untuk Jateng serta Madiun, Malang, Besuki, Surabaya, Kediri untuk Jatim. Seluruh P.Jawa dibagi menjadi 16 wilayah seperti terlihat pada Tabel 1 dan Gambar 2 dan 3, di belakang.

KERANGKA PEMIKIRAN

Identifikasi perubahan iklim merupakan dasar bagi analisa lanjutan upaya adaptasi terutama yang berhubungan dengan sumber daya air. Dampak perubahan iklim terhadap parameter hidrologi seperti hujan menjadi fokus utama kajian dalam studi ini. Deteksi perubahan iklim secara statistik dilakukan melalui pengujian trend dari Mann-Kendall dan pengujian perubahan distribusi dari Mann - Whitney, seperti terlihat pada Gambar 1.

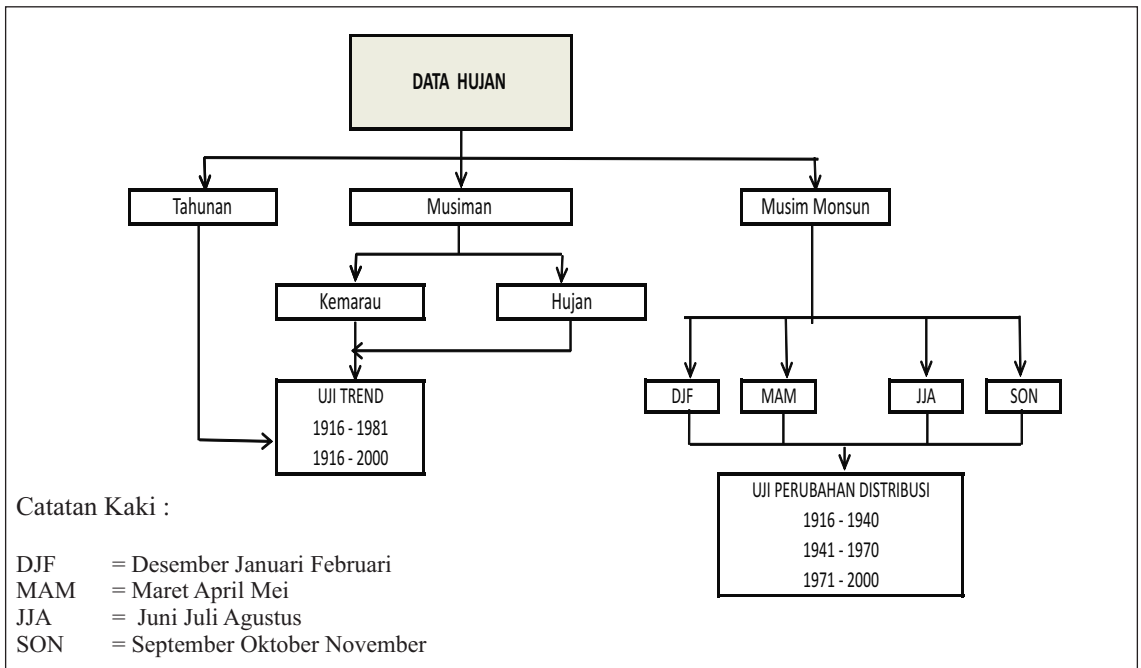
HASIL ANALISA

1 Uji Trend Menggunakan Mann Kendall

Karakter seri data yang dipengaruhi oleh pemanasan global dideteksi oleh keberadaan trend positif (makin membesar) atau negatif (makin mengecil). Ada beberapa uji statistik selain Mann Kendall seperti Pearson (koefisien korelasi, uji parametrik) dan Spearman (uji non-parametrik). Akan tetapi dari hasil penelitian terlihat bahwa Mann-Kendall yang cukup baik (Ke et al., 2005, Giokomakis et al., 1997; Onoz et al., 2003, Yue et al., 2002). Hasil pengujian mengindikasikan bahwa di dalam deret data ada kandungan trend yang cukup berarti, jika hasil pengujian dinyatakan lulus.

Untuk pengujian Trend digunakan seri data :

- 1 Hujan Tahunan (Januari-Desember)
- 2 Hujan Musiman
 - i. Musim Kemarau
 - a. Mei-Oktober
 - b. April-September
 - c. Maret-Agustus
 - ii. Musim Basah
 - a. November-April
 - b. Oktober-Maret
 - c. September - Februari
- 2 Hujan Monsun
 - i. Desember, Januari, Februari (DJF)
 - ii. Maret, April, Mei (MAM)



Gambar 1 Kerangka Pikir Analisa Identifikasi Perubahan Iklim

iii. Juni, Juli, Agustus (JJA)

iv. September, Oktober, November (SON)

Pengujian dilakukan berdasarkan Uji Hipotesa H_0 : tidak ada perubahan dari rata-rata dan H_1 : rata-rata bertambah besar (positif) atau bertambah kecil (negatif). Test statistik menggunakan tingkat signifikan 5%, untuk memutuskan apakah seri data sangat berbeda atau dengan perkataan lain Menerima H_1 atau Terbukti Ada Trend, maupun sebaliknya. Pengujian trend diterapkan pada semua pos, dan ringkasan dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 untuk Hujan tahunan, Tabel 2 dan Tabel 3 untuk masing-masing Hujan Musim Kemarau dan Musim Basah. Pada Tabel 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa wilayah Banten, Cirebon dan Surakarta berkecenderungan hujan tahunan menurun dilebih dari 30% pos. Beberapa wilayah mempunyai data lebih dari 60 tahun seperti Cirebon, Kedu, Pekalongan, Semarang, Surakarta dan Malang. Data

terpanjang ada di Cirebon dan Kedu dengan panjang lebih dari 80 tahun. Selanjutnya, musim kemarau dan musim basah masing-masing tiga periode dicoba seluruhnya untuk melihat periode mana rentan terhadap trend ditinjau berdasarkan nilai rata-rata pada baris terakhir di Tabel 2 dan 3.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa periode Maret-Agustus rentan terhadap trend karena rata-rata pos hujan yang mengalami trend ada 17,1% terbesar dibandingkan dua periode yang lain, sehingga dengan demikian untuk melihat sebaran spasial keberadaan trend dipilih periode tersebut. Sebaran spasial dari Keberadaan Trend Positif dan Negatif (lihat pada Gambar 3).

Untuk Musim Basah periode November sampai dengan April tahun berikutnya merupakan musim basah dengan trend terbanyak, gambaran spasial sebaran pos hujan yang mengandung Trend ada pada

Gambar 4. Wilayah Jakarta dan Pekalongan mengandung Trend positif terbanyak masing-masing 31,6% dan 23,5%. Wilayah Banten,

Surakarta, Yogya dan Kedu hujan periode tersebut cenderung menurun di lebih dari 30% pos hujan.

Tabel 1 Prosentasi Jumlah Pos Hujan Lulus dan Tidak Lulus Uji Trend untuk Data Hujan Tahunan

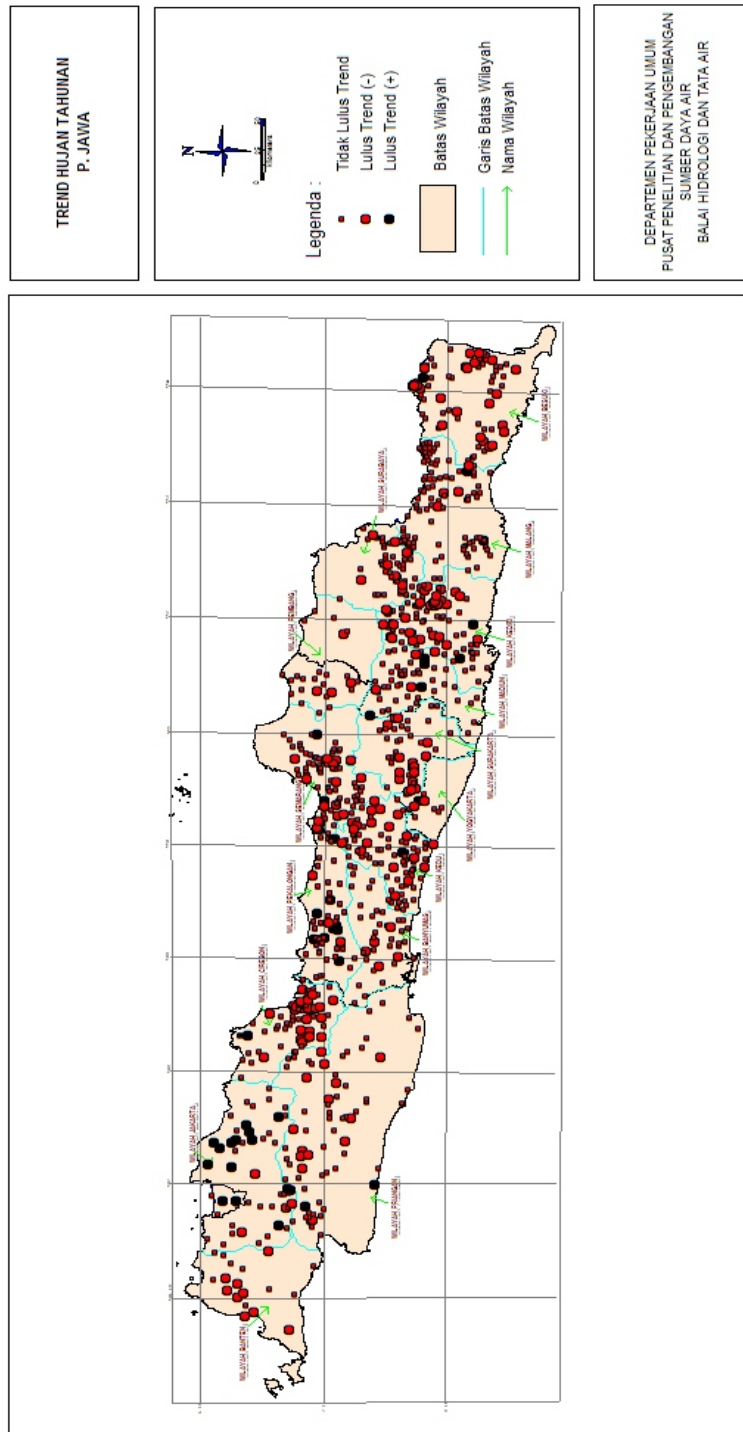
Wilayah	Periode (tahunan)	Jumlah Pos	TREND Jan-Des		
			Positif	Negatif	Tidak Ada
Priangan	16-81	55	2,7	17,3	80,0
Banten	16-81	17	0,0	52,9	47,1
Cirebon	16-81	69	2,9	37,7	59,4
	16-00	69	1,4	36,2	62,3
Jakarta	16-81	62	24,2	14,5	61,3
Banyumas	16-81	42	0,0	16,7	83,3
Yogyakarta	16-81	12	8,3	16,7	75,0
Kedu	16-81	83	6,0	12,0	81,9
	16-04	83	1,2	24,1	74,7
Pekalongan	16-81	51	11,8	5,9	82,4
	16-02	51	13,7	7,8	78,4
Rembang	16-81	21	3,8	19,2	76,9
Semarang	16-81	93	8,6	12,9	78,5
	16-00	93	3,2	20,4	76,3
Surakarta	16-81	43	2,3	32,6	65,1
	16-02	43	0,0	39,5	60,5
Madiun	16-81	50	8,0	12,0	80,0
Malang	16-81	100	4,0	9,0	87,0
	16-00	100	2,0	5,0	93,0
Besuki	16-88	74	4,1	20,3	75,7
Surabaya	16-00	53	1,9	22,6	75,5
Kediri	16-88	76	1,3	22,4	76,3
Rata-rata			5,1	20,8	74,1

Tabel 2 Prosentasi Jumlah Pos Hujan Lulus dan Tidak Lulus Trend untuk Data Hujan Musim Kemarau

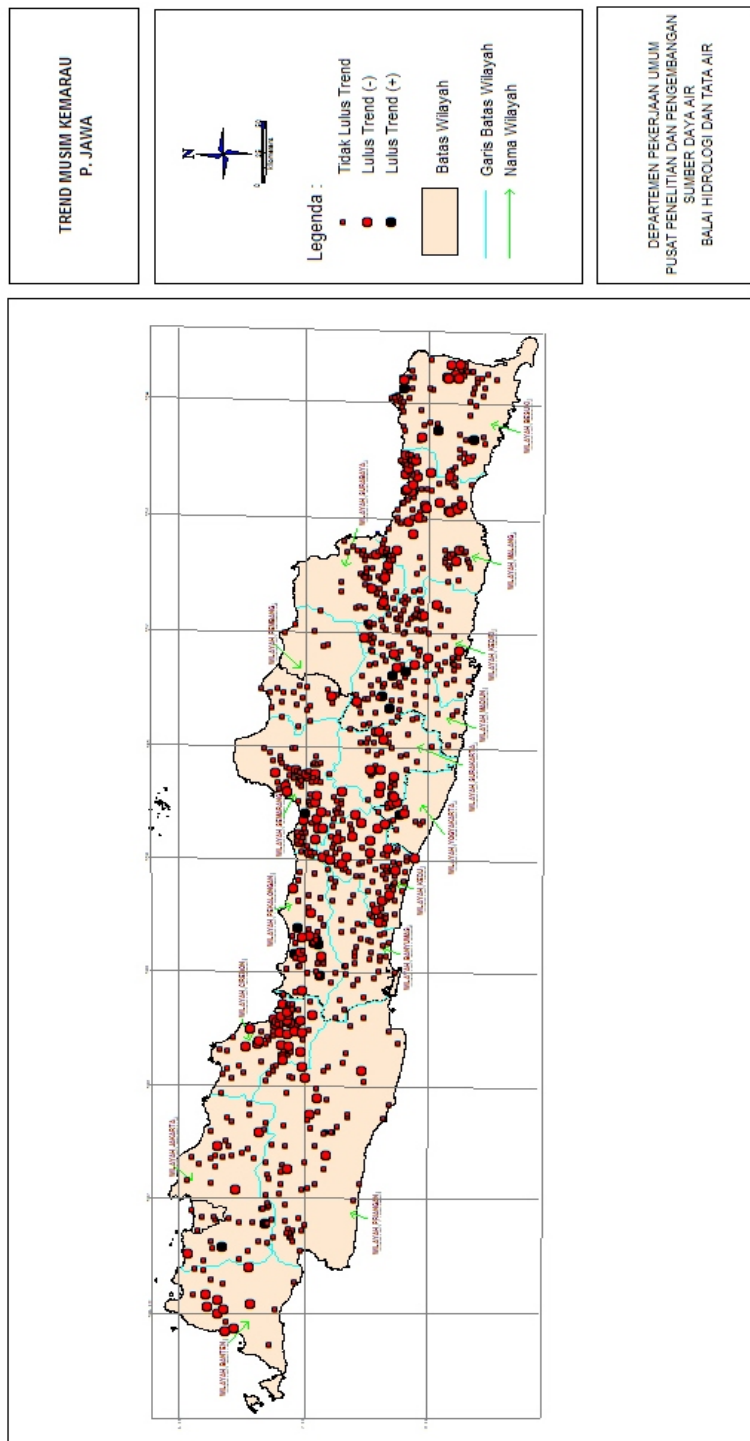
Wilayah	Periode (tahunan)	Jumlah Pos	TREND Mei-Oktober			TREND April-September			TREND Maret-Agus		
			Positif	Negatif	Tidak Ada	Positif	Negatif	Tidak Ada	Positif	Negatif	Tidak Ada
Priangan	16-81	55	0,0	1,3	98,7	0,0	2,7	97,3	0,0	8,0	92,0
Banten	16-81	17	0,0	11,8	88,2	0,0	23,5	76,5	0,0	47,1	52,9
Cirebon	16-81	69	0,0	0,0	100,0	0,0	2,9	97,1	2,9	18,8	78,3
	16-00	69	0,0	11,6	88,4	0,0	20,3	79,7	0,0	42,0	58,0
Jakarta	16-81	62	1,6	11,3	87,1	1,6	14,5	83,9	3,2	16,1	80,6
Banyumas	16-81	42	0,0	0,0	100,0	0,0	2,4	97,6	0,0	2,4	97,6
Yogyakarta	16-81	12	0,0	0,0	100,0	8,3	0,0	91,7	8,3	8,3	83,3
Kedu	16-81	83	0,0	10,8	89,2	0,0	21,7	78,3	0,0	24,1	75,9
	16-04	83	0,0	10,8	89,2	0,0	21,7	78,3	0,0	24,1	75,9
Pekalongan	16-81	51	0,0	2,0	98,0	0,0	3,9	96,1	2,0	11,8	86,3
	16-02	51	0,0	3,9	96,1	0,0	7,8	92,2	2,0	17,6	80,4
Rembang	16-81	21	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	3,8	3,8	92,3
Semarang	16-81	93	2,2	0,0	97,8	2,2	0,0	97,8	5,4	5,4	89,2
	16-00	93	1,1	7,5	91,4	0,0	16,1	83,9	1,1	22,6	76,3
Surakarta	16-81	43	2,3	2,3	95,3	2,3	14,0	83,7	4,7	14,0	81,4
	16-02	43	0,0	25,6	74,4	0,0	34,9	65,1	0,0	32,6	67,4
Madiun	16-81	50	0,0	2,0	98,0	6,0	2,0	92,0	8,0	6,0	86,0
Malang	16-81	100	2,0	1,0	97,0	1,0	3,0	96,0	2,0	1,0	97,0
	16-00	100	0,0	6,0	94,0	0,0	9,0	91,0	0,0	27,0	73,0
Besuki	16-88	74	0,0	1,4	98,6	0,0	13,5	86,5	4,1	10,8	85,1
Surabaya	16-00	53	0,0	3,8	96,2	0,0	5,7	94,3	0,0	18,9	81,1
Kediri	16-88	76	0,0	3,9	96,1	0,0	6,6	93,4	0,0	13,2	86,8
Rata-rata			0,4	5,3	94,3	1,0	10,3	88,7	2,2	17,1	80,8

Tabel 3 Prosentasi Jumlah Pos Hujan Lulus dan Tidak Lulus Trend untuk Data Hujan Musim Basah

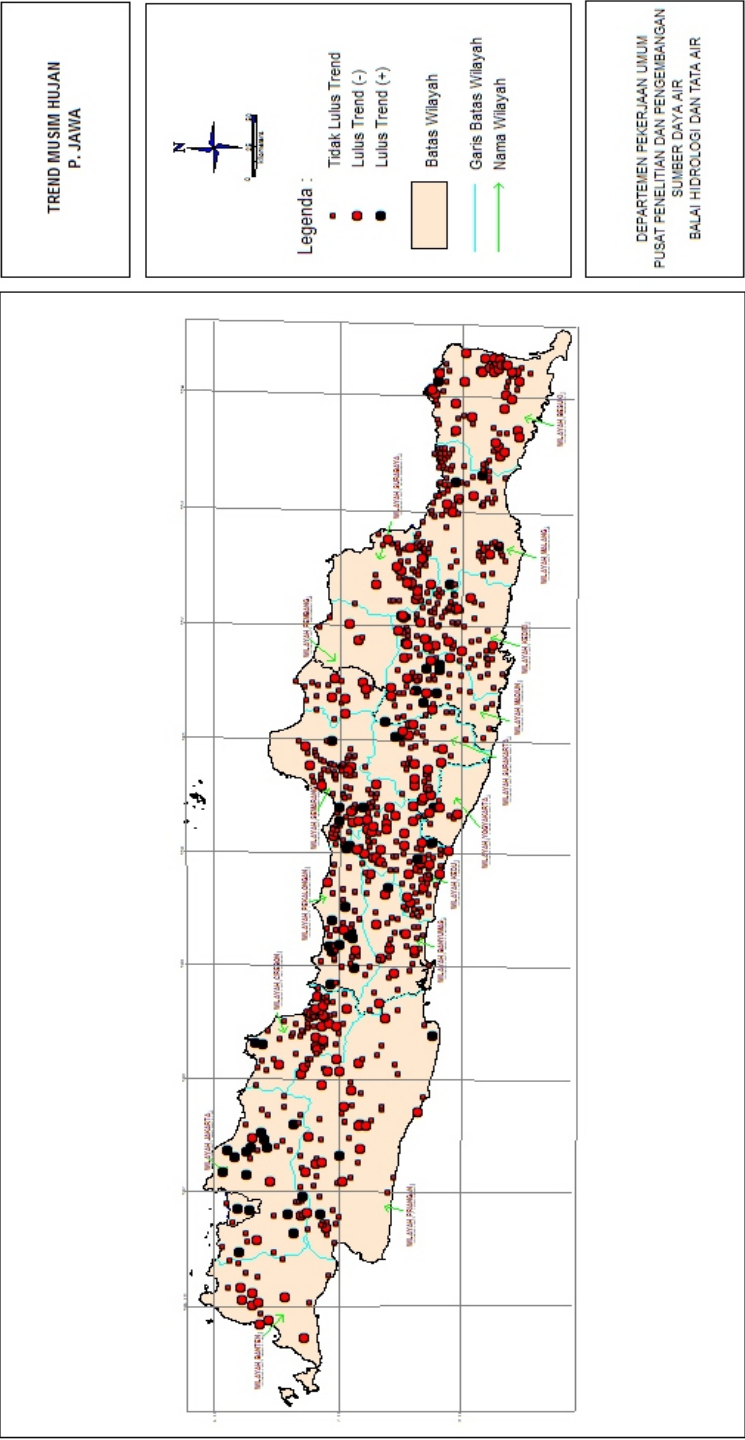
Wilayah	Periode (tahunan)	Jumlah Pos	TREND Nov-Apr			TREND Okt-Mar			TREND Sep-Feb		
			Positif	Negatif	Tidak Ada	Positif	Negatif	Tidak Ada	Positif	Negatif	Tidak Ada
Priangan	16-81	55	4,0	29,3	66,7	4,0	30,7	65,3	2,7	24,0	73,3
Banten	16-81	17	0,0	52,9	47,1	0,0	52,9	47,1	0,0	29,4	70,6
Cirebon	16-81	69	4,3	43,5	52,2	4,3	30,4	65,2	4,3	26,1	69,6
	16-00	69	2,9	27,5	69,6	1,4	20,3	78,3	2,9	11,6	85,5
Jakarta	16-81	62	31,6	8,8	59,6	22,8	8,8	68,4	22,8	8,8	68,4
Banyumas	16-81	42	4,8	31,0	64,3	2,4	35,7	61,9	0,0	26,2	73,8
Yogyakarta	16-81	12	8,3	41,7	50,0	8,3	16,7	75,0	8,3	8,3	83,3
Kedu	16-81	83	2,4	27,7	69,9	2,4	22,9	74,7	2,4	18,1	79,5
	16-04	83	3,7	35,4	61,0	3,7	20,7	75,6	3,7	11,0	85,4
Pekalongan	16-81	51	11,8	15,7	72,5	17,6	15,7	66,7	17,6	11,8	70,6
	16-02	51	23,5	7,8	68,6	35,3	2,0	62,7	35,3	2,0	62,7
Rembang	16-81	21	3,8	30,8	65,4	3,8	26,9	69,2	3,8	26,9	69,2
Semarang	16-81	93	12,9	16,1	71,0	9,7	16,1	74,2	9,7	10,8	79,6
	16-00	93	8,6	15,1	76,3	7,5	14,0	78,5	9,7	7,5	82,8
Surakarta	16-81	43	2,4	33,3	64,3	7,1	28,6	64,3	4,8	33,3	61,9
	16-02	43	4,8	31,0	64,3	4,8	28,6	66,7	2,4	28,6	69,0
Madiun	16-81	50	8,0	20,0	72,0	8,0	14,0	78,0	8,0	14,0	78,0
Malang	16-81	100	4,0	19,0	77,0	9,0	17,0	74,0	9,0	7,0	84,0
	16-00	100	5,0	6,0	89,0	3,0	5,0	92,0	12,0	1,0	87,0
Besuki	16-88	74	2,7	25,7	71,6	2,7	17,6	79,7	2,7	13,5	83,8
Surabaya	16-00	53	1,9	30,2	67,9	1,9	18,9	79,2	1,9	18,9	79,2
Kediri	16-88	76	4,7	30,3	65,1	4,7	30,3	65,1	4,7	28,9	66,4
Rata-rata			7,1	26,3	66,6	7,5	21,5	71,0	7,7	16,7	75,6



Gambar 2 Peta Keberadaan Trend Positif dan Negatif Hujan Tahunan (Januari-Desember)



Gambar 3 Peta Keberadaan Trend Positif dan Negatif Hujan Musim Kemarau (Maret-Agustus)



Gambar 4 Peta Keberadaan Trend Positif dan Negatif Hujan Musim Hujan (November-April)

Di Wilayah Banten hujan tahunan cenderung menurun di 53% pos dan terutama terjadi pada musim basah, Wilayah Jakarta cenderung naik hujan tahunannya terutama di musim basah, lihat Tabel 1 dan 3.

Wilayah Cirebon dengan hujan tahunan berkurang di musim kemarau dan basah, terutama musim kemarau setelah 1981 kecenderungan menurunnya bertambah besar. Khusus untuk uji Trend telah dilakukan percobaan dengan melipatgandakan data melalui Model Simulasi Monte Carlo menjadi 100 realisasi untuk mengetahui sejauh mana kehandalan dari pengujian tersebut Dengan menggunakan hasil simulasi Monte Carlo pengujian menjadi lebih handal.

Hasil pengujian menggunakan data Monte Carlo berbeda tipis dengan pengujian tanpa Model Monte Carlo, kurang dari 1% pos hujan berubah hasil uji dari Ada Trend menjadi Tidak ada Trend. Dengan demikian model tersebut tidak digunakan untuk analisa selanjutnya.

2 Uji Perbedaan Distribusi Menggunakan Mann-Whitney

Pendekatan yang berbeda dari seri data yang digunakan untuk Uji Trend dilakukan sebagai persiapan untuk masuk pengujian bentuk lain yaitu perbedaan dua populasi. Percobaan untuk memilah seri data menjadi 10 tahunan (dekade) sudah dilakukan dan perbedaan antara distribusi dari 10 tahun yang satu dengan yang lain tidak terlalu signifikan sehingga dilakukan pemilahan berdasarkan perhitungan 30 tahun yaitu pertama periode 1916-1940; kedua periode 1941-1970 dan ketiga periode 1971-2000. Agar ketiga periode tahun tersebut dapat digunakan panjang data harus meliputi 1916-2000. Wilayah dengan panjang data memenuhi persyaratan ada lima yaitu Cirebon, Pekalongan, Semarang, Kedu dan Malang

kecuali Surakarta karena jumlah pos hujan hanya sedikit sekitar 17 buah. Selanjutnya, musim yang sama dengan Uji Trend seperti tahunan, musim kemarau dan musim hujan telah dicoba digunakan tetapi tidak menghasilkan perbedaan yang terlalu signifikan seperti menggunakan pola monsun yaitu Desember Januari Februari (DJF); Maret April Mei (MAM); Juni Juli Agustus (JJA) dan September Oktober November (SON) (NASA; NOAA; NWS; USDA; Climate Impact Group, University of Washington).

Uji Mann-Whitney merupakan uji non-parametrik dengan tidak memperhitungkan distribusi digunakan untuk membandingkan dua kelompok data.

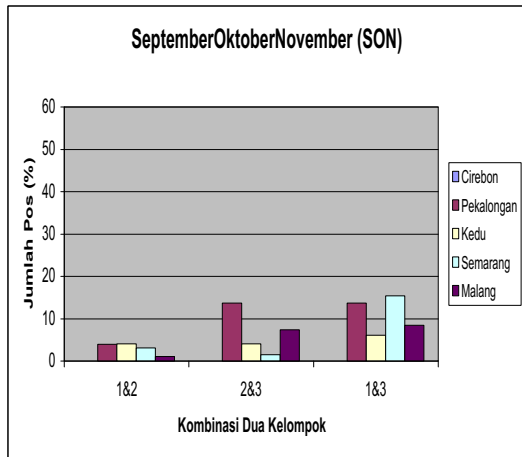
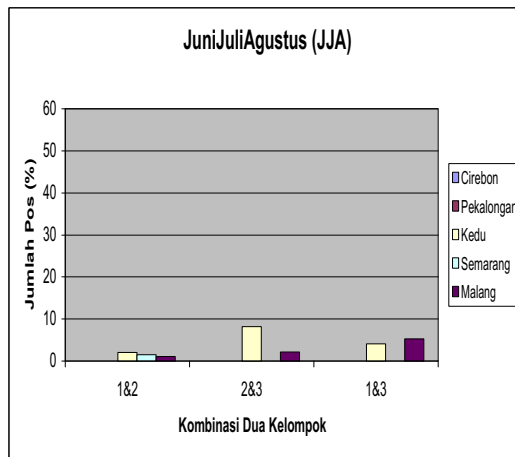
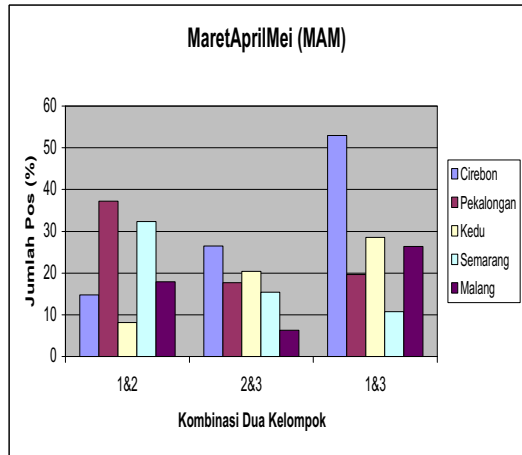
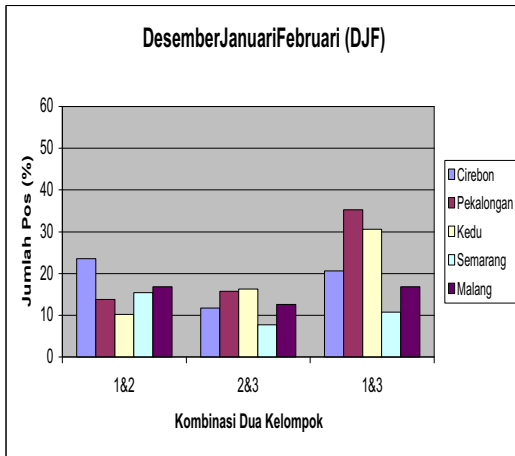
Hipotesa nol (H_0) untuk Uji Mann-Whitney adalah tidak ada perbedaan antara dua kelompok atau berasal dari populasi yang sama atau distribusi kedua kelompok sama; H_1 : ada perbedaan antara dua kelompok atau populasinya berbeda atau distribusinya berbeda. Tingkat signifikansi yang dipilih 5% (2 tails) dengan test statistik berpadanan dengan z (Normal Baku).

Dari Grafik 5 terlihat bahwa monsun JJA hampir tidak berubah selama tiga kurun waktu tersebut di atas, bulan SON sedikit berubah dan kurang signifikan. Perubahan distribusi terjadi di bulan DJF dan MAM terutama untuk Cirebon untuk periode MAM terjadi perubahan di 50% pos hujan.

PEMBAHASAN

1 Tingkat Perubahan Hujan

Jika dalam sub – bab sebelumnya analisa dilakukan untuk mengetahui keberadaan trend yang signifikan melalui pengujian, maka perlu diketahui pula kecenderungan garis trend meskipun tidak lulus pengujian.



Gambar 5 Prosentasi Pos Hujan yang Mengalami Perubahan

Secara statistik tingkat perubahan hujan dinyatakan dalam bentuk kemiringan garis trend yang linier. Pengujian keberadaan trend mencerminkan kecenderungan menaik (positif) atau menurun (negatif) yang cukup signifikan. Nilai kemiringan sebesar 0,22 mm/tahun ditengarai akan meluluskan pengujian trend atau keberadaan trend menjadi signifikan.

Hasil yang diperoleh mempunyai banyak kesamaan dengan Peta Keberadaan Trend seperti di DKI Jakarta atau wilayah Jakarta sebagian besar wilayahnya hujan tahunan dan hujan musim basah membesar. Di wilayah Cirebon Hujan Tahunan satu Musim Kemarau dan Musim Basah turun.

Pekalongan dengan wilayah memanjang di utara sekitar 12% signifikan bertambah di musim hujan, terutama setelah tahun 1980 kenaikan tersebut makin signifikan menjadi 24% dari jumlah pos.

Wilayah Madiun hanya 8% pos hujan yang signifikan bertambah besar di musim hujan, akan tetapi di pos-pos yang lain hampir semua mempunyai kemiringan menaik meskipun tidak signifikan. Di Musim Kemarau wilayah ini hujannya juga makin membesar. Di wilayah lain di P.Jawa hujan tahunan, musim basah dan musim hujan cenderung menurun.

2 Hasil Uji Mann-Whitney

Seri data hujan monsun Asia yang dapat diuji hanya wilayah tertentu saja yaitu Cirebon, Pekalongan, Semarang, Kedu dan Malang oleh karena data yang tersedia sampai dengan tahun 2000-an.

Pengujian Mann-Whitney terkonsentrasi pada perbedaan dua periode 30 tahunan. Seperti yang sudah dijelaskan di atas periode pertama meliputi 1916-1940, kedua 1941-1970 dan ketiga 1971-2000. Musim kemarau Maret-Agustus merupakan kombinasi MAM dan JJA dan musim hujan September-Februari kombinasi dari SON dan DJF. Dari Gambar 5 terlihat bahwa populasi JJA dan SON tidak

berubah selama tiga periode 30 tahunan tersebut (1916-1940; 1941-1970; 1971-2000). Hal ini menengarai bahwa perubahan musim kemarau banyak dipengaruhi oleh MAM daripada JJA dan musim hujan oleh DJF daripada SON.

Korelasi antara prosentasi jumlah pos hujan yang ber-trend berdasarkan Mann-Kendall dengan jumlah pos hujan yang berbeda populasi menurut Mann-Whitney (Periode 1: 1916-1940 dan periode 3: 1971-2000) untuk musim kemarau cukup tinggi 0.87 dan untuk musim hujan 0.64, khusus bagi kelima wilayah tersebut di atas. Hal ini membuktikan bahwa melalui dua pendekatan diperoleh hasil yang hampir mirip seperti musim kemarau di wilayah Cirebon 50%-nya lulus pengujian Trend dan 53%-nya sangat berbeda populasi periode 1 dan 3, lihat Tabel 2 dan Gambar 5.

KESIMPULAN

Pokok bahasan dalam studi ini meliputi dampak perubahan iklim pada besaran hujan. Sebagian besar data hujan bulanan hanya sampai tahun 1981 kecuali wilayah Cirebon, Pekalongan, Semarang, Surakarta, Kedu dan Malang sampai dengan tahun 2000 atau 2002. Ringkasan yang diperoleh dari analisa tersebut meliputi :

- 1 Wilayah Jakarta termasuk DKI Jakarta merupakan satu-satunya wilayah di P. Jawa dengan hujan musim basah membesar di 31,6% pos diimbangi dengan menurunnya curah hujan di 16,1% pos. Hujan tahunan membesar di 24,2% dan menurun di 14,5% pos.
- 2 Sebaliknya, wilayah Banten juga merupakan satu-satunya wilayah dengan curah hujan menurun baik tahunan (52,9%) maupun musim hujan (52,9%) dan musim kemarau (47,1%).

- 3 Wilayah Cirebon merupakan daerah yang menarik untuk dibahas karena hujan musim basah menurun di 43,5% pos sebelum tahun 1982 menjadi 27,5% pos sesudah tahun 1982 (1982-2002) sedangkan hujan musim kemarau juga turun di 18,8% pos sebelum tahun 1982 dan berubah menjadi 42,0% pos setelah tahun 1982, sehingga hujan tahunan menurun pula di sekitar 37% pos sebelum maupun sesudah tahun 1982. Dari ulasan ini terlihat bahwa hujan di musim kemarau cenderung menurun drastis.
- 4 Wilayah Kedu berkurang musim hujan dan kemarau di masing-masing lebih dari 30% pos dan lebih dari 20% pos. Tidak ada perbedaan berarti sebelum dan sesudah tahun 1982.
- 5 Wilayah Malang secara drastis ada perubahan sebelum dan sesudah 1982 musim kemarau menurun dari 1% pos menjadi 27%. Musim basah menurun sebelum tahun 1982 19% menjadi 6% pos sesudah tahun 1982.
- 6 Wilayah Semarang hujan dengan musim kemarau menurun secara signifikan di 22,5% pos sesudah tahun 1982 padahal sebelumnya hanya di 5,4%. Hujan musim basah menurun hanya di sekitar 16% sebelum maupun sesudah tahun 1982. Hujan tahunan secara umum menurun secara signifikan di 12,9% sebelum tahun 1982 dan 20,4% sesudah tahun 1982. Surakarta hampir mirip dengan Semarang hujan musim kemarau berkurang secara signifikan di 14% sebelum tahun 1982 menjadi lebih dari dua kalinya yaitu 32,6% sesudah tahun 1982. Hujan tahunan juga berkurang secara signifikan di kurang lebih 39% pos sebelum maupun sesudah tahun 1982. Semarang hanya musim kemarau saja yang berkurang secara signifikan di hanya 22% pos sedangkan Surakarta musim hujan dan musim basah keduanya berkurang di lebih 30% pos.
- 7 Wilayah Pekalongan dengan musim basah bertambah untuk 11,8% sebelum tahun 1982 dan meningkat menjadi 23,5% sampai dengan tahun 2000. Musim kemarau juga berkurang hujannya sebesar 12-18% pos, sebelum tahun 1982 12% dan sesudahnya naik jadi 18%. Jadi selama kurun waktu 1982-2000 terjadi suatu perubahan yang signifikan. Perubahan hujan tahunan dan musim kemarau selama kurun waktu tersebut tidak terlalu berarti.
- 8 Wilayah Rembang musim hujan berkurang di 30,8% pos, hujan tahunan menurun di 19,2% dan musim basah berkurang di 30,8% pos begitu pula hujan musim kemarau menurun di 4% pos.
- 9 Secara garis besar, secara menyolok terlihat Wilayah Jakarta dengan hujan musim basah membesar. Untuk wilayah Banten di semua jenis hujan berkurang secara berarti, demikian juga Cirebon sama dengan Banten akan tetapi jumlah pos hujan sedikit lebih kecil. Hal yang mirip dengan Cirebon juga terjadi di Surakarta dan Semarang. Rembang dan Madiun mirip dengan Jakarta dalam hal musim basah yang membesar hujannya tetapi hujan musim kemarau dan tahun berkurang.
- 10 Pengujian perubahan distribusi frekuensi dengan Mann-Whitney pada 3 periode 1916-1940; 1941-1970 dan 1971-2000. Pembagian 2 musim dalam setahun tidak memberikan hasil yang cukup berarti dibandingkan dengan pembagian musim monsun seperti DJF MAM JJA SON. Dari hasil analisa Mann-Whitney pada 5 wilayah terpilih (Cirebon, Pekalongan, Semarang, Kedu dan Malang) seperti yang disebutkan pada butir 1 terlihat bahwa musim DJF dan MAM berubah secara signifikan distribusi frekuensinya tahun 1971-2000 dibandingkan 1916-1940 pada 10-50% pos hujan. Cirebon

mengalami perubahan pada MAM di lebih dari 50% pos, mewakili musim kemarau sesuai dengan penjelasan di butir 3 Pekalongan mengalami perubahan pada DJF pada kurun waktu 1941-1970 dibandingkan 1916-1941 dan MAM pada periode 1971-2000 dibandingkan 1916-1940. Musim basah yang diwakili oleh DJF dan musim kemarau diwakili oleh MAM mengalami perubahan seperti dipaparkan dalam butir 7 jadi kedua musim tersebut sangat rentan terhadap kekeringan dan banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Giokomakis, S.G, G. Baloutsos, 1997, *Investigation of Trend in Hydrological Time Series of the Evinos River Basin*, Hydrological Science-Journal , 42(1) February.
- 2 Kabat, P., R.E.Schulze, M.E.Hellmuth, J.A.Veraat,2002, *Dialogue on Water and Climate, Coping with Impacts of Climate Variability and Climate Change in Water Management: A Scoping Papers*, Wageningen.
- 3 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.
- 4 Onoz, Bihrat, M. Bayazit, 2003, *The Power of Statistical Test for Trend Detection*, Turkish Journal Eng. Env. Sci, Istanbul, Turkey
- 5 Ratag, M.A.,2004, *Downscaling GCM for Climate Change Studies*, bahan ajar Training on The Adaptation and Impact Assessment to Climate Changes for Local Scientist, IPB-Bogor, 25-27 Oktober 2004.
- 6 USGS, 2000, *Water: The potential Consequences of Climate Variability and Change for the Water Resources of the United States, The Report of the Water Sector Assessment Team of the National Assessment of the Potential Consequences of Climate Variability and Change For the U.S. Global Variability and Change*, Lead Author : P.H. Gleick, this report was supported by the U.S. Department of the Interior through the U.S. Geological Survey.
- 7 Wigley, Tom,2002, *Interactive Software for Studying and Teaching Climate Change Issues*, National Centre for Atmospheric Research, presented at NCAR Geoscience Education Workshop on Climate Change, National Centre for Atmospheric Research, Boulder, CO.
- 8 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.

Diterima 15 Oktober 2008 ; disetujui 6 Januari 2009