

Technical Paper

Analisis Kecenderungan Data Hujan di Jawa Timur Menggunakan Metode Mann-Kendal & Rank-Sum Test

Trend Detection of Rainfall Data in East Java Region using Mann-Kendal & Rank-Sum Tests

Indarto¹, Budi Susanto², dan Eka Mustika Diniardi²

Abstract

This paper describe temporal variability of rainfall data in East Java region and perform trend analysis using Mean-Kendall-Test. Is there any significant trend amongs periods? Time series data from (9) nine pluviometres around the East Java region were exploited. Daily rainfall data from: 01 January 1960 to 31 December 2005 were used as main input for the analysis. Daily, Monthly and Annual data were visualised by means of Exploratory Data Analysis (EDA) and then analysed using Mean-Kendall Test. Results shows that annual rainfall data from a few locations have significant negatif trend. However, Rainfall data from others locations have no significant trend amongs periods of observation.

Keywords: *Trend Analysis, Rainfall data, East Java, Mann-kendal, Rank SUM*

Abstrak

Makalah ini bertujuan untuk mendeskripsikan bagaimana data hujan bervariasi sepanjang waktu dan menganalisis secara statistik apakah ada perbedaan dan kecenderungan variasi data hujan pada dua rentang waktu yang berbeda. Sampel data diambil dari 9 alat penakar hujan di Jawa Timur, yang memiliki rekaman data lebih dari 20 tahun. Data hujan harian dari: 01 Januari 1960 sd 31 Desember 2005, divisualisasikan melalui *Exploratory Data Analysis* (EDA) dan diuji statistik menggunakan metode: *Mann-kendall Test*. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada beberapa lokasi terjadi kecenderungan data hujan tahunan yang signifikan, sementara pada stasiun lainnya tidak terjadi Trend yang signifikan.

Kata kunci: Analisis kecenderungan, data hujan, Jawa Timur, *Mann-kendal, Rank-Sum*

Diterima: 30 Agustus 2010; Disetujui: 19 Januari 2011

Pendahuluan

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (2007: 30), mendefinisikan perubahan iklim sebagai perubahan rata-rata dan/atau variabilitas faktor-faktor yang berkaitan dengan iklim dan tetap berlaku untuk satu periode yang panjang, umumnya puluhan tahun atau lebih. Faktor dan unsur iklim mencakup: hujan, evaporasi, kecepatan angin, kelembaban udara, suhu, konsentrasi CO₂, dan hal lain yang berpengaruh terhadap iklim. Oleh karena itu, adanya perubahan iklim dapat diidentifikasi dengan melakukan analisis rentang waktu (*Time Series Analysis*) terhadap unsur atau faktor tersebut, salah satu nya adalah hujan.

Menurut Forster dan Ramaswany (2007: 135), perubahan iklim merupakan proses alami yang terjadi di bumi. Namun perubahan iklim terjadi lebih

cepat dalam dua ratus tahun terakhir. Hal ini terutama ditandai dengan semakin meningkatnya suhu di Bumi akibat meningkatnya Gas Rumah kaca (GRK). Pada dasarnya, GRK sangat dibutuhkan untuk menjamin kehidupan di bumi. Salah satunya adalah mengatur iklim untuk menjamin keberadaan air dalam bentuk cair. Tanpa GRK, bumi akan membeku dan tidak akan ada kehidupan di dalamnya (EPA, 2009). Peran utama GRK adalah menimbulkan Efek Rumah Kaca (ERK). ERK merupakan fenomena alam yang terjadi di Bumi. Ketika energi panas matahari mencapai bumi, energi tersebut ada sebagian yang dipantulkan dan sebagian diserap oleh permukaan dan atmosfer bumi (jumlahnya sekitar 240 W/m²). Guna menyeimbangkan energi yang datang tersebut, bumi memancarkan kembali energi ke angkasa dalam bentuk radiasi gelombang panjang secara terus menerus. Dalam proses ini,

¹ Lab. Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL), PS Teknik Pertanian, FTP – UNEJ, Jl. Kalimantan no. 37 Kampus Tegalboto, Jember, 6812 E-mail: indarto.ftp@unej.ac.id

² Lab. Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Lab (TPKL) PS Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Jl. Kalimantan No.37 Jember 68121

permukaan bumi harus memiliki suhu rata-rata sekitar -19°C . Namun dalam kenyataannya, suhu permukaan bumi jauh lebih hangat, yaitu sekitar 14°C (Rerata Global). Hal ini tidak lain karena keberadaan GRK alami seperti CO_2 dan awan (uap air) yang mampu memantulkan sebagian radiasi gelombang panjang kembali ke Bumi (Aldrian dan Ratri, 2011).

Permasalahan muncul ketika proses ERK meningkat akibat berlebuhnya GRK di atmosfer (Sugiyono, 2006). Sejak tahun 1750, konsentrasi CO_2 , CH_4 and N_2O di atmosfer meningkat masing-masing lebih dari 36 persen, 148 persen dan 18 persen. Fenomena ini sangat berpengaruh terhadap peningkatan suhu bumi yang mencapai 0.2°C per dekade (IPCC, 2007).

Dengan semakin meningkatnya suhu bumi, proses evaporasi juga akan berlangsung lebih cepat. Hal ini berdampak pada tersedianya banyak air di udara yang berpotensi menimbulkan badai, namun juga berkontribusi pada proses terjadinya kekeringan di beberapa wilayah tertentu. Sebagai hasilnya, pada wilayah yang dipengaruhi badai akan memungkinkan terjadinya peningkatan kecenderungan hujan dan potensi banjir. Tetapi pada area yang jauh dari area badai akan memungkinkan terjadinya penurunan kecenderungan hujan dan peningkatan resiko kekeringan (EPA, 2009).

Banyak studi telah dilakukan untuk menganalisis kecenderungan fenomena hujan. Kajian-kajian tersebut umumnya menggunakan separuh periode terakhir di abad 20 (50 tahun terakhir), atau lebih pendek dari periode tersebut. Misalnya, Mosmann *et al.* (2004), telah menggunakan periode 1961-1990 untuk menganalisa kecenderungan data hujan. Zhang *et al.* (2007) juga telah melakukan simulasi menggunakan multiple model dengan mengamati hujan pada periode 1925 – 1999. Selanjutnya, Zhang *et al.* (2007) menyebutkan bahwa curah hujan per tahun di Belahan Bumi Bagian Selatan ($30 - 0^{\circ}\text{S}$) cenderung meningkat. Sedangkan di Belahan Bumi Bagian Utara ($0 - 30^{\circ}\text{N}$) cenderung menurun.

Sebaliknya, De Lima *dkk* (2010), menganalisis kecenderungan data hujan di Portugal dan menyimpulkan bahwa tidak terjadi pola kecenderungan yang signifikan. Tidak ada cukup bukti untuk dapat menolak hipotesis bahwa tidak terjadi kecenderungan selama periode penelitian yaitu 1861-2007. Akan tetapi, kecenderungan telah teramati baik naik maupun turun ketika analisis dilakukan secara parsial pada setiap beberapa dekade.

Robson (2000:9) menyebutkan ada empat tahap dalam proses analisis kecenderungan data rentang waktu, mencakup: (1) persiapan data, (2) eksplorasi data (*Exploratory Data Analysis*) dalam berbagai bentuk penyajian data, (3) analisis data secara statistik, dan (4) pengambilan kesimpulan.

Persiapan Data.

Data merupakan tulang punggung dari usaha untuk mendeteksi kecenderungan atau perubahan lain dari proses hidrologi (hujan). Banyak aspek penting yang perlu diperhatikan dalam tahap persiapan data. Pertama, Sebelum dilakukan analisis, perlu dilakukan pengontrolan terhadap kualitas data untuk menjamin hasil yang diharapkan. Kedua, data rentang waktu diharapkan sepanjang mungkin. Data dengan rentang waktu yang pendek akan memiliki kemungkinan besar untuk menghasilkan kesimpulan yang menyimpang. Ketiga, data hendaknya kontinyu (lengkap). Data yang tidak kontinyu disertai banyak data hilang akan mempersulit dalam proses analisis. Ke empat, data hendaknya memiliki frekuensi yang sama misalkan: harian, bulanan, ataupun tahunan. Kelima, menggunakan *summary measure* untuk menurunkan data. Keenam, menggunakan transformasi. Data hidrologi seringkali memiliki kemencengan yang tinggi. Dalam beberapa kasus, analisis data dapat dibantu dengan mentransformasi data terlebih dahulu (Robson, 2000: 10).

EDA.

EDA merupakan proses yang interaktif meliputi penggunaan grafik untuk mengeksplorasi, memahami dan menyajikan data. EDA merupakan komponen penting dalam berbagai analisis statistik. Meskipun konsep ini sederhana, diperlukan keahlian untuk menghasilkan plot rentang waktu yang mampu menampilkan karakteristik data dengan baik. Beberapa data yang dapat dieksplorasi melalui EDA adalah: pola temporal (kecenderungan atau perubahan bertahap), variasi musiman, pola regional dan spasial, permasalahan *outliers*, korelasi (antara variabel atau tempat). Outlier adalah data-data yang cenderung di luar mayoritas atau data di luar range kenormalan (Grubb dan Robson, 2000: 17).

Analisa Statistik.

Ada banyak metode yang dapat digunakan dalam menilai berbagai macam tipe perubahan data rentang waktu. Ada dua istilah umum yang sering dipakai untuk membedakan metode yang digunakan, yaitu *parametric-test* dan *non-parametric-test*. Dikatakan *parametric-test* apabila didasarkan pada satu atau lebih parameter. *Linear regression* merupakan salah satu contoh metode *parametric-test*. Secara umum, *parametric-test* sangat baik digunakan ketika variabel terdistribusi secara normal (Önoş dan Bayazit, 2003). Namun demikian, pada umumnya data rentang waktu hidrologi tidak selalu terdistribusi Normal, dalam kasus ini dapat digunakan metode *non-parametric test* (Kundzewicz dan Robson, 2000: 49).

Analisis rentang waktu terhadap data hujan dapat digunakan untuk menilai apakah dampak pemanasan global telah menimbulkan perubahan iklim pada skala lokal (Jawa Timur). Penelitian ini

Tabel 1. Daftar stasiun hujan dan periode rekaman yang digunakan

No	Nama Stasiun	Kode	Kabupaten	Tahun dapat Digunakan		Jumlah Data Tersedia (Th.)
				Awal	Akhir	
1	Cakarayam	St-1	Mojokerto	1980	2003	24
2	Pandan	St-2	Mojokerto	1980	2003	24
3	Porong	St-3	Sidoarjo	1960	2003	44
4	Bakalan	St-4	Sidoarjo	1960	2003	44
5	Gubeng	St-5	Surabaya	1973	1998	26
6	Jambegede	St-6	Malang	1982	2004	23
7	Sumber Kalong	St-7	Jember	1980	2005	26
8	Pinangpait	St-8	Bondowoso	1976	2000	25
9	Dam Glendengan	St-9	Bondowoso	1976	2000	25

bertujuan untuk mengetahui kecenderungan hujan di Jawa Timur. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi terkait: (1) ada tidaknya kecenderungan dan (2) keragaman hujan di Jawa Timur. Dalam penelitian ini, dua metode analisis kecenderungan digunakan, yaitu: (1) *Mann-Kendall-Test* dan (2) *Rank-Sum-Test*.

Mann-Kendall Test digunakan untuk mengevaluasi ada tidaknya kecenderungan pada data rentang waktu hidrologi (Chiew dan Siriwardena, 2005). Metode ini membandingkan rangking relatif dari nilai data terhadap waktunya (Miller dan Piechota, 2008). Meskipun ada metode non-parametric test lain seperti *Spearman's Rho Test*, *Mann-Kendall Test* dianggap paling sesuai untuk menganalisis perubahan iklim atau mendeteksi diskontinuitas iklim (Chrysoulakis dkk, 2001).

Rank-Sum Test disebut juga sebagai *Wilcoxon-Mann-Whitney* atau *Mann-Whitney Test* dan digunakan untuk uji *step-change*. Metode *non-parametric-test* ini merupakan uji berdasarkan rangking dan distribusi bebas. Uji *Rank-Sum-Test* mengevaluasi dua seri data independen yang berbeda. Hipotesa H_0 menyatakan bahwa median

dari dua grup data tersebut setara (equal), dengan asumsi dua populasi tersebut memiliki distribusi yang sama atau identik. Dalam konteks uji *step change* (perubahan bertahap) maka waktu dari perubahan diasumsikan telah diketahui. Data rentang waktu tersebut dibagi menjadi dua kelompok dan kemudian dibandingkan (Robson dkk, 2000: 66).

Mann-Kendall Test sudah banyak digunakan untuk menilai kecenderungan dan/ atau perubahan pada data hidrologi. Kampata *et al.* (2008) dalam penelitiannya terhadap hujan pada hulu Sungai Zambesi di Zambia, menggunakan *Mann-Kendall Test* untuk menilai adanya kecenderungan hujan dan *Rank-Sum Test* untuk menilai *step change* di tahun 1980. Miler dan Piechota (2008) juga menggunakan dua metode yang sama untuk menilai adanya kecenderungan dan *step change* terhadap variabel hidroklimat di Sungai Colorado. Tidak hanya pada data hidrologi, Armstrong dkk. (2011) juga menggunakannya untuk menilai peningkatan frekuensi banjir di New England.

Metodologi Penelitian

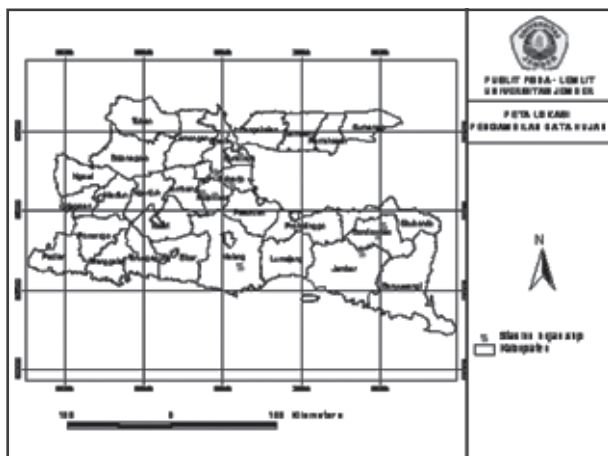
Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah Jawa Timur. Data curah hujan harian dari 943 stasiun hujan di Jawa Timur diseleksi dan selanjutnya dipilih 9 lokasi yang memiliki rentang waktu secara kontinyu lebih dari 20 tahun (Gambar 1).

Tahap Penelitian

Seleksi dan persiapan Data

Data diambil dari inventarisasi Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (lab TPKL), PS Teknik Pertanian FTP - Universitas Jember. Tabel 1 menampilkan ringkasan periode rekaman data hujan yang digunakan pada ke (9) lokasi pengukuran.



Gambar 1. Lokasi stasiun hujan yang digunakan

Selanjutnya, Hujan Bulanan dan Hujan Tahunan dihitung dari kumulatif data hujan harian. Data hujan harian, bulanan dan tahunan tersebut, selanjutnya diplotkan dalam bentuk grafik. Statistik umum dan ringkasan dilakukan terhadap ketiga data rentang waktu tersebut.

Uji Statistik

Uji statistik untuk menilai kecenderungan data dilakukan dengan uji *non-parametric* menggunakan dua metode: (1) *Mann-Kendall Test* dan (2) *Rank-Sum Test*.

Uji Statistik dengan Mann-Kendall Test

Mann-Kendall Test digunakan untuk melihat ada tidaknya kecenderungan pada suatu seri data yang didasarkan atas rangking relatif dari data rentang waktu tersebut. Langkah yang dilakukan, adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan hipotesis
 $H_0 : Z = normal$ (tidak terdapat kecenderungan)
 $H_a : Z = tidak normal$ (terdapat kecenderungan)

2. Menentukan *Significant Level* (α)

$$\alpha = 0.10$$

$$Z_{(\alpha/2)} < Z < Z_{(\alpha/2)}$$

$$(-1.645 < Z < 1.645)$$

$$H_0 \text{ ditolak apabila } |Z| > Z_{(\alpha/2)}$$

3. Mencari nilai Z (kriteria pengujian normal)
 - a. Memberikan rangking relative R pada data hujan tahunan sesuai urutan peningkatan nilai curah hujan tahunan.

- b. Mencari nilai P dan M
 P dan M dicari dengan membandingkan rangking setiap waktu (R_i) dengan rangking-rangking waktu berikutnya (R_j) (dengan $i = 1$ hingga $N - 1$, dan $j = i + 1$ hingga N). Nilai 1 ditambahkan untuk P apabila $R_j > R_i$ dan nilai 1 ditambahkan untuk M apabila $R_j < R_i$.

- c. Menghitung nilai statistic S

$$S = P - M$$

- d. Menghitung nilai statistic Z, dengan:

$$Z = \begin{cases} (S - 1)/Var(S)^{0.5} & \text{Untuk } S > 0 \\ 0 & \text{Untuk } S = 0 \\ (S + 1)/Var(S)^{0.5} & \text{Untuk } S < 0 \end{cases}$$

$$\text{Dimana : } Var(S) = N(N+1)(2N+5)/18$$

Keterangan :
 N = banyaknya tahun data hujan
 S, P dan M = notasi
 $Var(S)$ = varian

4. Menguji Hipotesis dan mengambil kesimpulan dari hasil analisis.

Uji Statistik dengan Rank-Sum Test

Rank-Sum test mendasarkan analisis pada rangking relatif dan bukan pada nilai sebenarnya dari data rentang waktu. Hipotesis diputuskan dengan membandingkan median dari dua seri data dalam rentang waktu. Langkah yang dilakukan, adalah sebagai berikut :

1. Merumuskan hipotesis
 $H_0 : Z = normal$ (tidak terdapat kecenderungan)
 $H_a : Z = tidak normal$ (terdapat kecenderungan)
2. Menentukan *Significant*
3. Mencari nilai Z_{rs} (kriteria pengujian normal untuk *rank sum test*)

- a. Memberikan rangking relative (R) pada data hujan tahunan sesuai urutan peningkatan nilai curah hujan tahunan.
 - b. Membagi data menjadi dua kelompok (n dan m) sesuai dengan tahun *step change* yang ditetapkan.

- c. Mencari nilai mean dan standar deviasi teoritis

$$\mu = n(N+1)/2$$

$$\sigma = \left[\frac{nm(N+1)}{12} \right]^{1/2}$$

- d. Mencari nilai statistik Z_{rs}

$$Z_{rs} = \begin{cases} \left(S - 0.5 - \frac{\mu}{\sigma} \right) & \text{Untuk } S > \mu \\ 0 & \text{Untuk } S = \mu \\ \left(S + 0.5 - \frac{\mu}{\sigma} \right) & \text{Untuk } S < \mu \end{cases}$$

Dengan S = jumlah rangking dalam data n

Keterangan:

N = banyaknya tahun data hujan
 n = banyaknya kelompok data pertama
 m = banyaknya kelompok data kedua
 μ = mean
 σ = standar deviasi

4. Menguji Hipotesis & menarik kesimpulan

Hasil dan Pembahasan

Ringkasan Statistik

Tabel 2 memperlihatkan nilai statistik Hujan Harian (HH) pada ke sembilan (9) lokasi stasiun. Tabel 3 menampilkan ringkasan nilai statisik untuk Hujan Bulanan (HB) dan Tabel 4 menampilkan ringkasan nilai statistik Hujan Tahunan (HTn). Dalam hal ini, semua periode data yang tersedia digunakan.

Dari Tabel 2, didapatkan bahwa hujan harian (HH) yang jatuh pada ke 9 lokasi relatif seragam secara statistik. Nilai rerata HH berkisar antara 4 sd 7 mm/hari, dan nilai maksimal berkisar antara 140 sd 215 mm/hari. Nilai Standar Deviasi (**STDV**) dan **CV** (*Coefficient of Variation*) yang relatif tinggi

Tabel 2. Statistik Hujan Harian (HH) pada Sembilan (9) Stasiun Sampel

Nilai Statistik	St-1	St-2	St-3	St-4	St-5	St-6	St-7	St-8	St-9
Max(mm/hr)	214	185	165	160	199	221	143	183	158
Rerata (mm/hr)	5	6	4	5	5	6	7	5	4
STDV	13.43	14.71	11.97	13.55	13.12	13.74	15.31	12.24	12.21
CV	2.65	2.65	2.84	2.71	2.85	2.45	2.26	2.48	2.82

Tabel 3. Statistik Hujan Bulanan (HB) pada ke 9 Stasiun Sampel

Nilai Statistik	St-1	St-2	St-3	St-4	St-5	St-6	St-7	St-8	St-9
Max(mm/bln)	726	660	606	583	763	795	1032	1126	681
Rerata (mm/bln)	154	169	128	152	140	170	206	150	132
STDV	170.5	176.0	140.7	151.4	146.7	161.4	198.9	155.8	141.4
CV	1.11	1.04	1.10	1.00	1.05	0.95	0.96	1.04	1.07

Tabel 4. Statistik Hujan Tahunan (HTn) pada ke 9 stasiun

Nilai Statistik	St-1	St-2	St-3	St-4	St-5	St-6	St-7	St-8	St-9	rerata
Max (mm/Thn)	2282	3016	2257	3118	2749	3516	3850	2900	2615	2923
Min (mm/Thn)	1201	1434	779	1117	866.7	987	1119	932	828	1029
Rerata (mm/Thn)	1859	2027	1532	1824	1686	2028	2496	1791	1564	1867
STDV	302.8	384.9	391.4	431.5	449.9	764.9	650.8	485.3	373.4	470.6
CV	0.16	0.19	0.26	0.24	0.27	0.38	0.26	0.27	0.24	0.25

dibanding nilai rerata menunjukkan variasi yang cukup tinggi pada hujan harian. Keseragaman antara satu stasiun dengan lainnya juga terlihat pada besarnya nilai STDV yang berkisar antara 13 sd 15 dan nilai CV yang berkisar antara 2 sd 3. Dapat disimpulkan bahwa data HH dari ke (9) lokasi sampel yang dipilih relatif seragam.

Dari Tabel 3, didapatkan bahwa HB (hujan bulanan) yang jatuh pada ke 9 lokasi penakar hujan berkisar antara 600 sd 1300 mm/bulan. Rerata hujan bulanan tercatat antara 130 sd 206 mm/bulan. Nilai standar deviasi (**STDV**) yang relatif tinggi dibanding nilai rerata menunjukkan variasi hujan yang diterima tiap bulannya cukup besar, karena pengaruh musim kemarau dan musim penghujan. Sementara nilai CV berkisar antara 0,9 sd 1,1. Tabel 2 dan Tabel 3 juga menunjukkan bahwa variasi harian dari satu Hari ke yang lainnya lebih tinggi dari variasi bulanan (dari bulan satu ke bulan berikutnya). Hal ini ditunjukkan oleh CV hujan bulanan yang relatif lebih kecil dari hujan harian.

Dari Tabel 4, didapatkan bahwa pada level tahunan, hujan yang jatuh pada ke 9 lokasi berkisar antara: 2200 sd 3850 mm/tahun. Rerata hujan tahunan tercatat antara: 1500 sd 2500 mm/ tahun. Dapat disimpulkan bahwa ke Sembilan (9) lokasi sampel adalah daerah dengan jumlah hujan

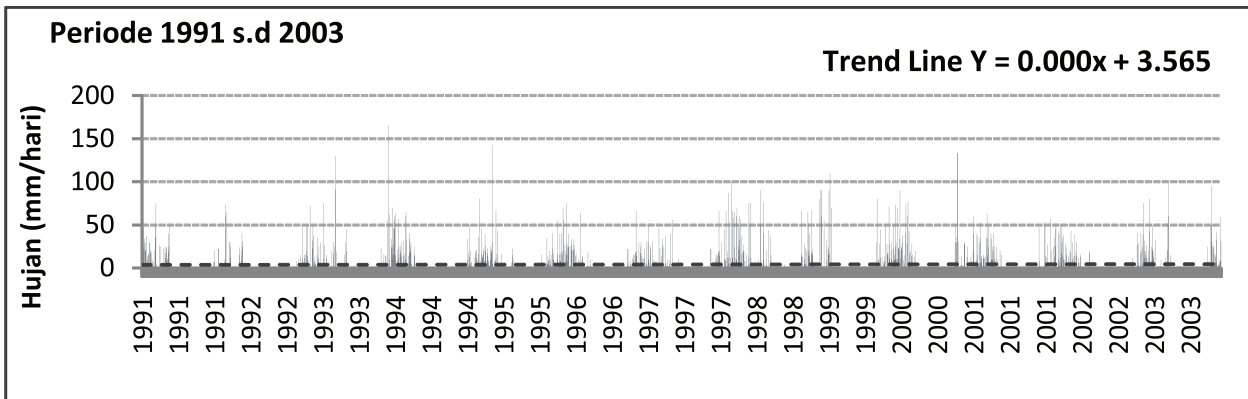
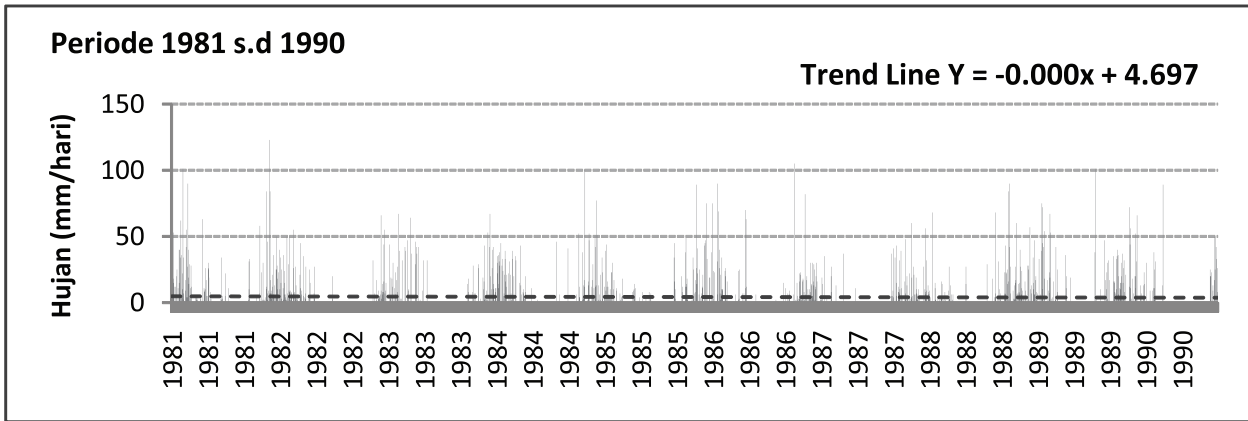
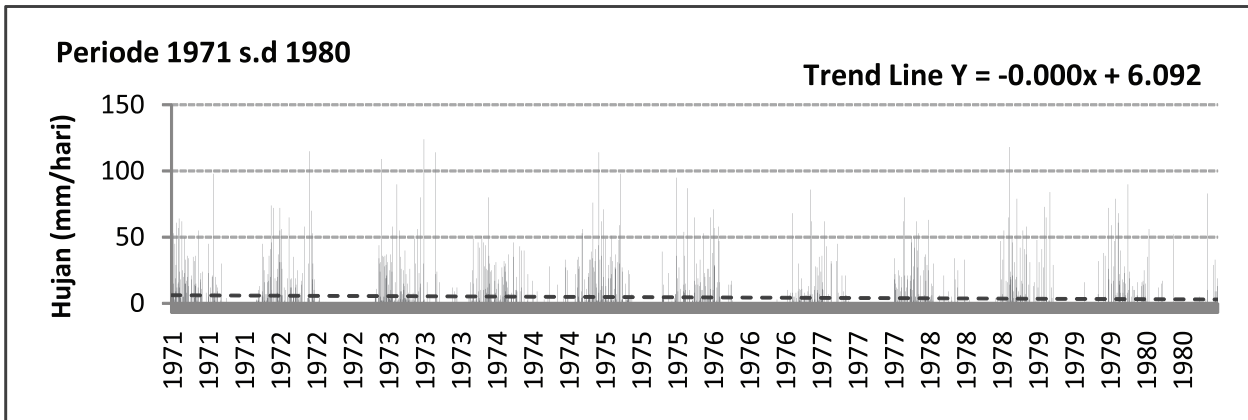
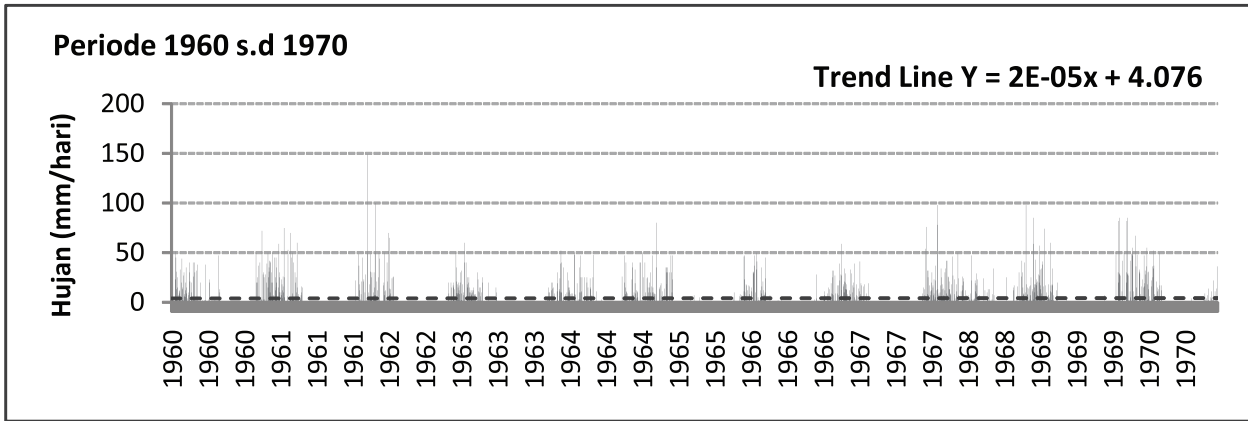
yang cukup tinggi di Jawa Timur. Sementara nilai CV berkisar antara 0,16 sd 0,38. Tabel (4) juga menunjukkan bahwa variasi hujan dari tahun ke tahun lebih rendah dari variasi bulanan maupun harian. Ini menunjukkan bahwa variasi jumlah hujan yang diterima stasiun tersebut dari tahun ke tahun relatif stabil.

Visualisasi Data Hujan

Gambar 2 menampilkan grafik HH untuk stasiun Porong. Gambar 3 dan 4 menampilkan HB dan HTn sepanjang periode rekaman pada stasiun tersebut.

Dari Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa ada kecenderungan menurunnya data hujan harian dari tahun ke tahun, selama periode 1960 sd 2003, tetapi nilainya sangat kecil dan tidak signifikan. Hal ini, menunjukkan adanya variasi harian (naik turunnya hujan harian) di dalam satu tahun, yang dapat berbeda dengan variasi harian pada tahun lainnya (sebelum atau sesudahnya) karena fluktuasi cuaca dan musim, tetapi belum menunjukkan kecenderungan yang signifikan untuk periode lama (> 10 th).

Selanjutnya, data yang sama diplot secara bulanan dan hasilnya ditampilkan dalam Gambar 3. Dari Gambar 3 dapat disimpulkan hal yang sama dengan data harian. Garis *trend* pada grafik



Gambar 2. Grafik HH di stasiun Porong dari 1960 sd 2003.

bulanan menunjukkan kecenderungan negatif yang relatif kecil dan tidak signifikan untuk menunjukan dampak perubahan iklim.

Fluktuasi Hujan tahunan pada stasiun Porong dari tahun 1960 sd 2003, berkisar antara 1000 mm/tahun sd 2500 mm/tahun. Secara umum dapat dikatakan bahwa terjadi kecenderungan negatif (menurun) yang sangat landai.

Pada Gambar 4, hal ini ditunjukkan oleh garis trend yang menurun sangat landai. Nilai rerata hujan tahunan sekitar 1590 mm/tahun, dengan trend negatif sebesar : -2.7 mm/tahun.

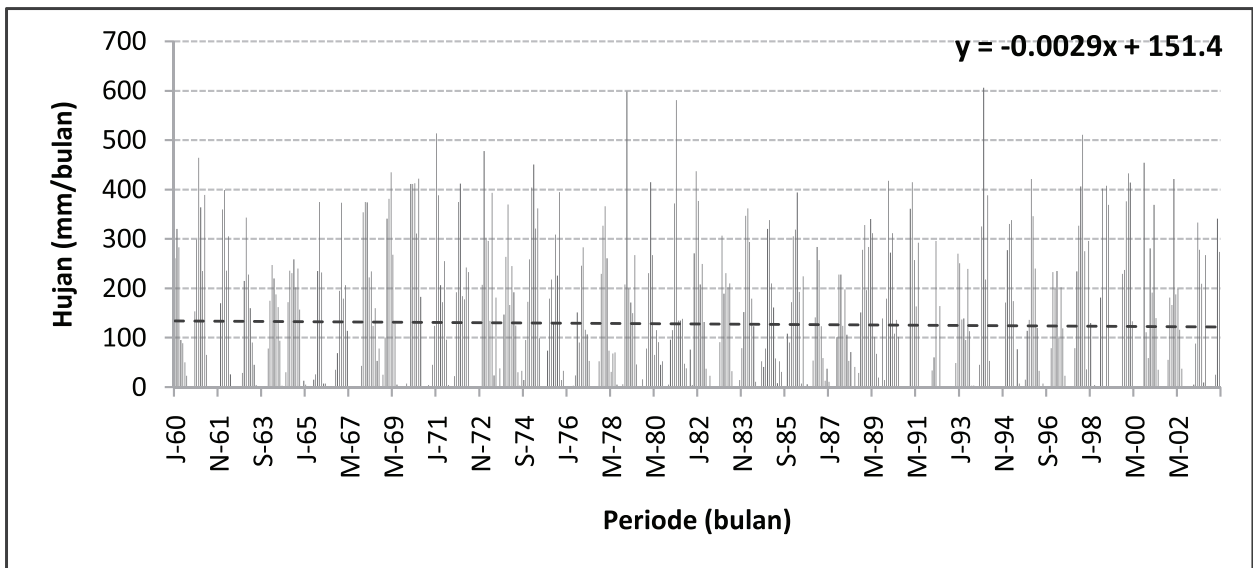
Dari hasil plot HTn dari seluruh penakar (Lampiran), pada dasarnya terlihat adanya kecenderungan pada semua stasiun hujan. Nilai gradien kecenderungan yang terjadi bervariasi, dengan nilai terbesar -46.9 pada Stasiun Jambegede. Namun demikian, perlu dibuktikan dengan *Mann Kendall Test* untuk menilai apakah kecenderungan yang terjadi cukup signifikan atau tidak.

Uji Statistik Mann Kendall Test

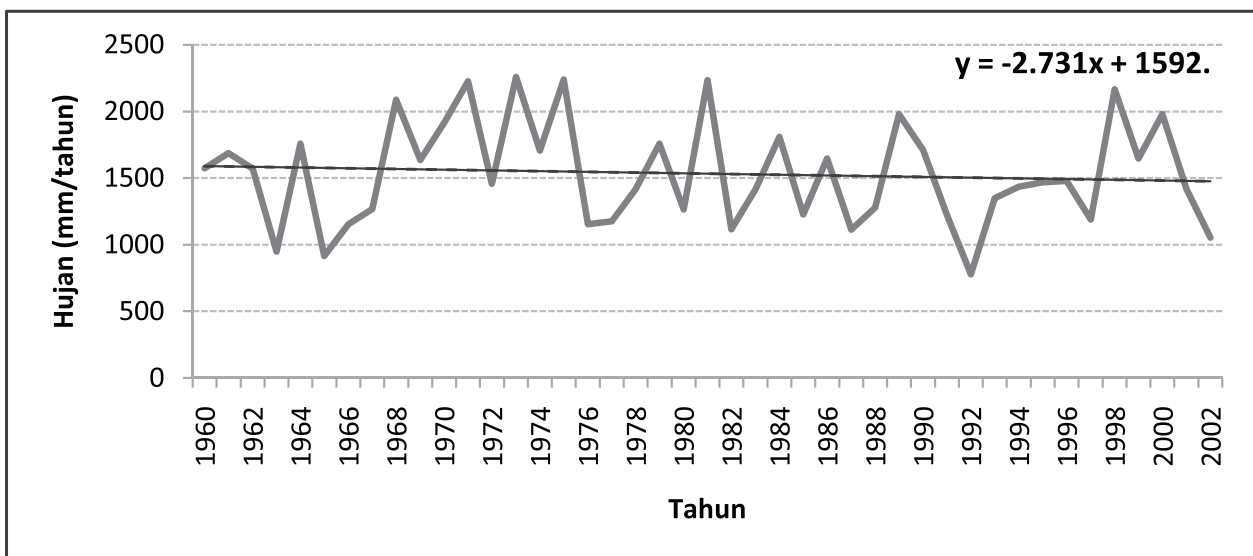
Proses analisis *Mann-Kendall Test* pada stasiun porong ditampilkan dalam tabel 5. Proses berlangsung dari Kolom ke (1): Nomor sd kolom ke (7): Kolom Cek.

Dari hasil uji statistik diketahui bahwa dengan metode *Mann-Kendall Test* terlihat kecenderungan yang signifikan pada data Stasiun Hujan Gubeng dan Sumber Kalong, dengan nilai statistik z masing - masing -2.54 dan -2.58. Nilai tersebut cukup besar dari nilai signifikan (α) yang ditetapkan yaitu 0.01 atau sama dengan 1.645 (nilai kritis).

Nilai z pada *Mann Kendall Test*, merupakan hasil perbandingan nilai S (notasi) dengan ragamnya. Nilai S merupakan hasil pengurangan nilai P dan M yang merupakan akumulasi rangking relatif lebih besar (untuk P) dan lebih kecil (untuk M) pada tiap-tiap perbandingan rangking data. Dengan demikian, informasi yang dapat diambil adalah, data hujan pada Stasiun Hujan Gubeng dan Sumber Kalong



Gambar 3. Hujan bulanan periode Januari 1960 sd Juli 2003 pada St. Porong.



Gambar 4. Hujan tahunan 1960 sd 2002 di stasiun Porong

Tabel 5. Mann-Kendall Test pada Stasiun PorongSelanjutnya, hasil analisis untuk ke sembilan (9) stasiun ditampilkan dalam tabel 6.

Nomor	Data	Porong	Rangking	P	M	Kolom Cek
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	1960	1573	25	19	24	43
2	1961	1688	29	15	27	42
3	1962	1570	24	18	23	41
4	1963	948	3	38	2	40
5	1964	1758	34	10	29	39
6	1965	917	2	37	1	38
7	1966	1155	7	33	4	37
8	1967	1269	14	26	10	36
9	1968	2086	39	5	30	35
10	1969	1636	26	15	19	34
11	1970	1913	36	7	26	33
12	1971	2224	41	3	29	32
13	1972	1458	21	15	16	31
14	1973	2257	44	0	30	30
15	1974	1705	30	9	20	29
16	1975	2239	43	0	28	28
17	1976	1155	8	23	4	27
18	1977	1176	9	22	4	26
19	1978	1416	17	15	10	25
20	1979	1757	33	5	19	24
21	1980	1266	13	16	7	23
22	1981	2234	42	0	22	22
23	1982	1117	6	18	3	21
24	1983	1416	18	12	8	20
25	1984	1809	35	3	16	19
26	1985	1228	12	13	5	18
27	1986	1645	27	6	11	17
28	1987	1113	5	14	2	16
29	1988	1279	15	11	4	15
30	1989	1980	37	2	12	14
31	1990	1709	31	3	10	13
32	1991	1221	11	9	3	12
33	1992	779	1	11	0	11
34	1993	1350	16	8	2	10
35	1994	1436	20	6	3	9
36	1995	1468	22	5	3	8
37	1996	1479	23	4	3	7
38	1997	1190	10	5	1	6
39	1998	2166	40	0	5	5
40	1999	1645	28	2	2	4
41	2000	1980	38	0	3	3
42	2001	1418	19	1	1	2
43	2002	1054	4	1	0	1
44	2003	1736	32			0
Jumlah				465	481	

Tabel 6. Hasil Mann Kendall Test

No	Nama Stasiun	Nilai Kritis	Nilai Z	Nilai Z	Hasil
1	Cakarayam	1.645	-0.024	0.024	Tidak signifikan
2	Pandan	1.645	1.261	1.261	Tidak signifikan
3	Porong	1.645	-0.148	0.148	Tidak signifikan
4	Bakalan	1.645	-0.524	0.524	Tidak signifikan
5	Gubeng	1.645	-2.545	2.545	Signifikan
6	Jambegede	1.645	-1.264	1.264	Tidak signifikan
7	Sumber Kalong	1.645	-2.588	2.588	Signifikan
8	Pinangpait	1.645	-0.471	0.471	Tidak signifikan
9	Dam Glendengan	1.645	-0.157	0.157	Tidak signifikan

Tabel 4.2 Hasil Rank Sum Test

No	Nama Stasiun	Nilai Kritis	Nilai Z	Nilai Z	Hasil
1	Cakarayam	1.645	-0.263	0.263	Tidak signifikan
2	Pandan	1.645	-1.043	1.043	Tidak signifikan
3	Porong	1.645	-0.746	0.746	Tidak signifikan
4	Bakalan	1.645	-0.926	0.926	Tidak signifikan
5	Gubeng	1.645	-2.250	2.250	Signifikan
6	Jambegede	1.645	1.795	1.795	Signifikan
7	Sumber Kalong	1.645	2.284	2.284	Signifikan
8	Pinan gpait	1.645	-0.582	0.582	Tidak signifikan
9	Dam Glendengan	1.645	-0.582	0.582	Tidak signifikan

menunjukkan kecenderungan menurun. Hal ini mengingat pada kedua stasiun nilai statistik z bernilai negatif, yang artinya nilai P lebih kecil dari nilai M. Data-data dengan rangking besar banyak berada di awal rentang waktu. Sedangkan untuk stasiun hujan yang memperlihatkan kecenderungan secara tidak signifikan, menunjukkan bahwa data dengan rangking besar ataupun kecil berada cukup merata pada rentang waktu.

Rank Sum Test digunakan untuk uji *step change* (tahun perubahan). Uji dilakukan dengan membandingkan median data-data sebelum dan setelah *step change*. Pada penelitian ini *step change* ditetapkan pada tahun 1991.

Dari hasil uji diketahui bahwa data hujan pada Stasiun Hujan Gubeng, Jambegede, dan Sumber Kalong menunjukkan kecenderungan yang signifikan pada tingkat 0.01 atau 1.645 (nilai kritis). Pada data hujan di Stasiun Hujan Gubeng, diketahui bahwa nilai statistik z adalah negatif. Sedangkan pada Stasiun Hujan Jambegede dan Sumber Kalong positif. Nilai negatif pada *Rank Sum Test* menunjukkan bahwa median dari kelompok data sebelum *step change* lebih kecil dari setelahnya (kecenderungan

meningkat). Dengan ketentuan kelompok data kecil (n) berada sebelum *step change*. Namun, karena kelompok data n pada Stasiun Hujan Gubeng berada setelah *Step Change*, maka nilai statistik z negatif menunjukkan bahwa median data-data setelah *step change* lebih kecil dari median data-data setelahnya. Dengan demikian, kecenderungan yang ditunjukkan pada Stasiun Hujan Gubeng adalah menurun sama dengan pada Stasiun Hujan Jambegede dan Sumber Kalong.

Kesimpulan

Dari hasil uji kecenderungan terhadap data hujan dari ke (9) sembilan stasiun hujan di Jawa Timur, dapat disimpulkan bahwa kecenderungan menurun (negatif) data hujan tahunan terjadi pada beberapa lokasi yaitu: (1) Gubeng dan Sumber Kalong, setelah diuji dengan Mann-kendall Test, dan (2) Gubeng, Sumber Kalong dan Jambegede, setelah diuji dengan Rank-Sum test. Sedangkan pada stasiun lainnya, tidak terjadi kecendrungan negatif data hujan tahunan. Dengan demikian,

dapat disimpulkan bahwa kecenderungan hujan terjadi tidak merata di Wilayah Jawa Timur dan tidak semua wilayah di Jawa Timur memiliki kecenderungan hujan yang signifikan pada periode 1960 sampai dengan 2005.

Daftar Pustaka

- Aldrian, E. dan Susanto, R.D. 2003. Identification of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature. *Int J Climatol* 23: 1435–1452.
- Chiew, F. and Siriwardena, L. 2005. *TREND User Guide*. Australia: CRC for Catchment Hydrology.
- Chrysoulakis, N., Proedrou, M., Dan Cartalis, C. 2001. Variations and Trends in Annual and Seasonal Means of Precipitable Water in Greece As Deduced from Radiosonde Measurements. *Toxicol and Environ. Chem.*, Vol. 84, No. 1–4 pp: 1-6.
- de Lima, Carvalho, de Lima, dan Coelho. 2010. Trends in Precipitation: Analysis of Long Annual and Monthly Time Series from Mainland Portugal. *Jurnal Advances in Geosciences*, 25: 155-160.
- EPA. 2009. *Frequently Asked Questions About Global Warming and Climate Change: Back to Basics*. Environmental Protection Agency.
- Forster, P. dan Ramaswamy, V. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. (diedit oleh Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor dan H.L. Miller). 129-234. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Grayson, Argent, Nathan, Mc Mahon, dan Mein. 1996. *Hydrological Recipes Estimation Techniques in Australian Hydrology*. Victoria: Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.
- Grubb, H. dan Robson, A. 2000. *Exploratory / Visual Analysis*. (diedit oleh Z. W. Kundzewicz & A. Robson). 17-45. *World Climate Programme Water. World Climate Data and Monitoring Programme. WCDMP-45. WMO/TD no. 1013. Geneva: World Meteorological Organization*
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kampata, J.M., Parida, B.P., dan Moalafhi, D.B. 2008. Trend Analysis of Rainfall in The Headstreams of The Zambezi River Basin in Zambia. *Physics and Chemistry of the Earth* 33(2008): 621–625.
- Kundzewicz, Z.W. dan Robson, A. 2004. Change Detection in Hydrological Records a Review of The Methodology. *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, 49(1): 7-19.
- Mahmud. 2007. Skenario Perubahan Variabilitas Iklim Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Pemanasan Global dan Perubahan Global - Fakta, Mitigasi, dan Adaptasi*: 123-132.
- Miller, W.P. dan Piechota, T. 2008. Regional Analysis of Trend and Step Changes Observed in Hydroclimatic Variables around the Colorado River Basin. *Journal of Hydrometeorology* Volume 9: 1020-1034.
- Marsh, N. 2004. *River Analysis Package - User Guide*. Australia: CRC for Catchment Hydrology.
- Mosmann, Castro, Fraile, Dessens, and S´anchez. 2004. Detection of Statistically Significant Trends In The Summer Precipitation of Mainland Spain. *Atmospheric Research, Volume 70, Issue 1*: 43-53.
- Önoş B. dan Bayazit, M. 2003. The Power of Statistical Tests for Trend Detection. *Turkish J. Eng. Env. Sci.* 27 (2003): 247-251.
- Robson, A. 2000. *Analysis Guidelines*. (diedit oleh Z. W. Kundzewicz & A. Robson). 9-12. *World Climate Programme Water. World Climate Data and Monitoring Programme. WCDMP-45. WMO/TD no. 1013. Geneva: World Meteorological Organization*.
- Robson, Bardossy, Jones, dan Kundzewicz. 2000. *Statistical Methods for Testing For Change*. (diedit oleh Z. W. Kundzewicz & A. Robson). 46-75. *World Climate Programme Water. World Climate Data and Monitoring Programme. WCDMP-45. WMO/TD no. 1013. Geneva: World Meteorological Organization*.
- Srikanthan, R., Mc Mahon, T. A., dan Irish, J. L. 1983. Time Series Analysis of Annual Flows of Australian Streams. *Journal of Hydrology* Vol. 66: 213-226.
- Sugiyono, A. 2006. Penanggulangan Pemanasan Global di Sektor Pengguna Energi. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol. 7, No. 2, 2006 : 15-19
- Wall, D. J. and Englot, M. E. 1985. Correlation of Annual Peak Flows for Pennsylvania Streams. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 21: 459–464.
- Zhang, Zwiers, Hegerl, Lambert, Gillett, Solomon, Stott, dan Nozawa. 2007. Detection of Human Influence on Twentieth-Century Precipitation Trends. *Letter NATURE | Vol 448 | 26 July 2007*: 461-465.