

Persistensi dan Variabilitas Hidrometeorologi Daerah Aliran Sungai Citarum

Ruminta¹⁾, Bayong Tjasyono Hanggoro Kasih²⁾, Indratmo Soekarno³⁾

¹⁾Laboratorium Klimatologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Bandung

²⁾Sains Atmosfer, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung, Bandung

³⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Bandung
e-mail: r_ruminta@yahoo.com

Diterima Juni 2006, disetujui untuk dipublikasi September 2006

Abstrak

Telah diteliti persistensi dan variabilitas hidrometeorologi di daerah aliran sungai Citarum bagian hulu, Jawa Barat, menggunakan data bulanan hasil observasi curah hujan, evapotranspirasi, kelembaban, dan limpasan dari Januari 1968 hingga Desember 2000 dan data fenomena global bulanan hasil analisis National Centers for Environmental Prediction (NCEP) dan National Centers for Atmospheric Research (NCAR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan, evapotranspirasi, dan kelembaban mempunyai dua persistensi yang tegas yaitu periode basah dan periode kering, sedangkan limpasan tidak mempunyai persistensi yang tegas. Stabilitas curah hujan dan kelembaban lebih kecil dibandingkan stabilitas evapotranspirasi dan limpasan; pola stabilitas curah hujan cenderung naik, sebaliknya stabilitas evapotranspirasi cenderung turun; pola stabilitas kelembaban dan limpasan tidak mempunyai kecenderungan yang pasti; curah hujan dan limpasan mempunyai variabilitas sangat tinggi masing-masing 73% dan 62%. Hal ini mengindikasikan bahwa proses curah hujan dan limpasan sangat chaotic, sebaliknya evapotranspirasi dan kelembaban mempunyai variabilitas yang rendah masing-masing 19% dan 3%. Fakta ini mengindikasikan bahwa evapotranspirasi dan kelembaban mempunyai tingkat ketidakteraturan yang rendah, pola variabilitas semua komponen hidrometeorologi cenderung naik; variabilitas komponen hidrometeorologi dipengaruhi oleh fenomena global sebagai konsekuensi adanya korelasi signifikan antara komponen hidrometeorologi dengan beberapa fenomena global, terutama Central Indian Precipitation (CIP), Global Temperature (GT), Dipole Mode Index (DMI), Pacific Warm Pool (PWP), dan Precipitable Water (PW).

Kata kunci: Komponen hidrometeorologi, Periode basah, Periode kering, Fenomena global

Abstract

The persistences and variabilities of the hydrometeorology had been studied in the Upper Citarum River Basin, West Java, based on monthly observations data of the rainfall, evapotranspiration, humidity, and runoff from January 1968 to December 2000 and monthly global phenomena data from National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and National Centers for Atmospheric Research (NCAR) reanalyses. The results showed that rainfall, evapotranspiration, and humidity have two firm persistences i.e. wet and dry periods, while the runoff has no firm persistence. The stability of rainfall and humidity were less than evapotranspiration and runoff; the stability patterns of rainfall tend to increase, whereas, the evapotranspiration tend to decrease; the stability patterns of the humidity and runoff have no firm trends; the rainfall and runoff have very high variability i.e., 73% and 62%, respectively. The result indicated that the processes of the rainfall and runoff were very chaotic, while evapotranspiration and humidity have low variability i.e., 19% and 3%, respectively. These data indicated that the evapotranspiration and humidity have low pattern, variability patterns of the all hydrometeorological components had increasing trends, the hydrometeorological components were influenced by global phenomena as a consequence of the significant correlations between hydrometeorological components and some global phenomenas, especially Central Indian Precipitation (CIP), Global Temperature (GT), Dipole Mode Index (DMI), Pacific Warm Pool (PWP), and Precipitable Water (PW).

Key words: Hydrometeorological components, Wet periods, Dry periods, Global phenomena

1. Pendahuluan

Berbagai penelitian mengindikasikan bahwa fenomena global di daerah tropis seperti ENSO (*El Niño Southern Oscillation*) dan PDO (*Pasifik Decadal Oscillation*) mempengaruhi iklim di Indonesia terutama curah hujan dan limpasan (Whiting *et al.*, 2003; Chiew *et al.*, 1998; Rizaldi and Faqih, 2003). ENSO dapat diukur dari perbedaan tekanan atmosfer antara wilayah

Indonesia-Australia dengan lautan Pasifik bagian timur. Kekuatan dan frekuensi ENSO digerakkan oleh anomali temperatur permukaan laut di Pasifik Timur. Kejadian ENSO dapat menyebabkan pergeseran pola sirkulasi sistem iklim di Indonesia. Adanya fenomena global tersebut dapat meningkatkan interaksi antara lautan dan atmosfer sehingga dapat menyebabkan

perubahan variabilitas curah hujan dan limpasan di Indonesia.

PDO merupakan gambaran dari persistensi temperatur permukaan laut di lautan Pasifik. Seperti halnya dengan ENSO, PDO juga diindikasikan mempunyai hubungan yang kuat dengan variabilitas dan persistensi komponen hidrometeorologi di Asia Tenggara, terutama curah hujan dan limpasan (Zhang *et al.*, 1997). Curah hujan di kawasan sebelah selatan Indonesia mengindikasikan adanya persistensi untuk skala bulanan (Simmonds and Hope, 1997).

Variabilitas dan persistensi komponen hidrometeorologi di Indonesia sebenarnya tidak hanya didominasi oleh pengaruh dua fenomena global ENSO dan PDO, tetapi dapat juga dipengaruhi oleh fenomena global lainnya, misalnya IODM (*Indian Oscillation Dipole Mode*), PW (*Precipitable Water*), dan lain-lain. Hal ini sangat mungkin terjadi mengingat bahwa proses hidrometeorologi terjadi pada sistem terbuka yang memungkinkan berbagai fenomena global dapat mempengaruhinya. Mengingat hal tersebut, adalah sangat penting untuk mengkaji sejauh mana variabilitas dan persistensi komponen hidrometeorologi di Indonesia dapat dipengaruhi oleh fenomena global.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji persistensi dan variabilitas komponen hidrometeorologi secara komprehensif di wilayah Indonesia dalam kaitannya dengan fenomena global, misalnya *Outgoing Longwave Radiation (OLR)*, *Quasi-Biennial Oscillation (QBO)*, *Pacific Decadal Oscillation (PDO)*, *Pacific Warm Pool (PWP)*, *Global Temperature (GT)*, *El Niño and Southern Oscillation (ENSO)*, *Indian Oceans Dipole Mode (IODM)*, *Central Indian Precipitation (CIP)*, *Sea Surface Temperature (SST)*, *Evolusi El Niño*, *Flux Radiasi Global (R)*, dan *Precipitable Water (PW)*.

Sebagai studi kasus dalam penelitian ini adalah daerah aliran sungai (DAS) Citarum. Wilayah tersebut perlu mendapat kajian persistensi dan variabilitas komponen hidrometeorologi mengingat DAS itu merupakan daerah tangkapan air hujan yang terluas di wilayah Jawa Barat. Di samping itu, DAS Citarum mempunyai peranan yang sangat penting sebagai penyedia air bagi 3 pembangkit listrik tenaga air bagi rumah tangga, pertanian, dan industri di kawasan Jakarta dan pantai utara Jawa Barat. Hasil kajian ini juga akan bermanfaat sebagai bahan masukan untuk mengatasi masalah yang ada di DAS tersebut misalnya tingginya tingkat banjir dan kekeringan (Supriyo *et al.*, 1999; Fares and Ikhwan, 2001; Fares, 2003), erosi dan sedimentasi (Kusmandari, 1994; Wihardini, 1999) serta degradasi kualitas air (Kirchhof, 1993; Terangna, 1995).

2. Metode

Penelitian ini dilakukan di DAS Citarum bagian hulu yang terbagi ke dalam 7 Sub DAS, yaitu Cisangkuy, Ciwidey, Ciminyak, Cihaur, Cikapundung, Citarik, dan Cirasta. Penelitian menggunakan data bulanan hasil observasi curah hujan, evapotranspirasi, kelembaban, dan limpasan bulanan selama 33 tahun (Januari 1968 hingga Desember 2000) dan data bulanan sekunder OLR, QBO, PDO, PWP, GT, SOI, DMI, CIP, SST, TNI, R, dan PW (Januari 1968 hingga Desember 2000) yang diperoleh dari hasil analisis *National Centers for Environmental Prediction (NCEP)* dan *National Centers for Atmospheric Research (NCAR)*.

Persistensi dan variabilitas komponen hidrometeorologi DAS Citarum diidentifikasi menggunakan analisis jumlah kumulatif dan koefisien variasi. Analisis jumlah kumulatif digunakan untuk melihat perubahan di sekitar nilai rata-rata proses hidrometeorologi, sehingga periode basah dan periode kering dari komponen hidrometeorologi tersebut dapat diketahui. Analisis koefisien variasi digunakan untuk melihat bagaimana sebaran proses hidrometeorologi terhadap nilai rata-ratanya, sehingga bisa mengetahui apakah proses tersebut benar-benar tidak beraturan (*chaos*) atau sebaliknya (Green and Marsh, 1997; Zeng, 1999).

2.1 Jumlah kumulatif

Analisis jumlah kumulatif adalah teknik standar yang digunakan untuk melihat perubahan di sekitar nilai rata-rata dari suatu sistem. Jumlah kumulatif dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_t = \sum_{k=1}^t (x_k - \bar{x}) \quad (1)$$

$$\bar{x} = \sum_{k=1}^t x_t / n, \quad (2)$$

di mana :

S_t : jumlah kumulatif

x_i : deret waktu

\bar{x} : rata-rata deret waktu

n : jumlah data yang dianalisis.

Kemiringan (*slope*) positif pada jumlah kumulatif menunjukkan periode di atas rata-rata (periode basah) dan kemiringan negatif menunjukkan periode di bawah rata-rata (periode kering).

2.2 Analisis variabilitas

Analisis variabilitas proses hidrometeorologi menggunakan koefisien keragaman yang dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$C_v = \left(\frac{S}{\bar{Y}} \right) \times 100\% \tag{3}$$

$$S = \left[\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{(n-1)} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{4}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \tag{5}$$

di mana :

C_v : koefisien variasi atau KV

S : standar deviasi

Y_i : nilai Y yang ke-t

\bar{Y} : nilai rata-rata Y

n : banyaknya nilai Y yang dianalisis

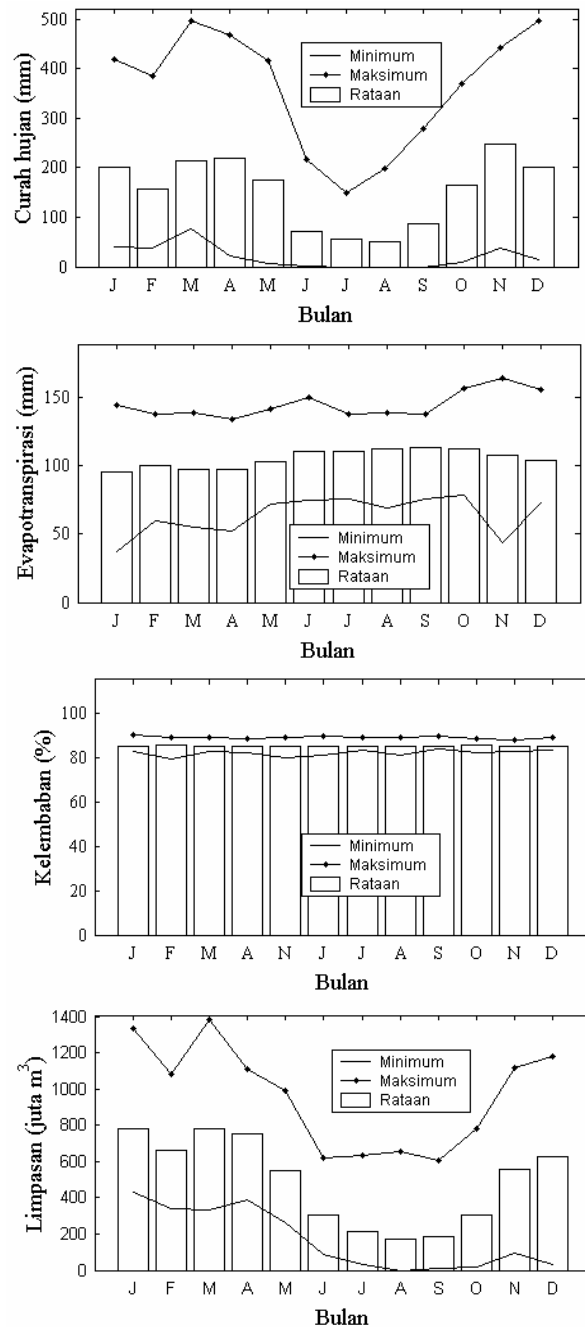
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Periode basah dan kering

Rata-rata curah hujan, evapotranspirasi, kelembaban, dan limpasan tiap bulan ditunjukkan pada Gambar 1. Pola curah hujan bulanan di daerah aliran sungai Citarum menunjukkan pola curah hujan monsoon yang berbentuk “V” dengan curah hujan maksimum berada pada bulan Desember-Januari-Februasi (DJF) dan minimum pada bulan Juni-Juli-Agustus (JJA). Rata-rata curah hujan tiap bulan berkisar antara 51 mm (Agustus) hingga 248 mm (Nopember). Rata-rata evapotranspirasi tiap bulan bervariasi antara 95 mm (Januari) hingga 113 mm (September). Rata-rata kelembaban tiap bulan terendah adalah 84,8% (Agustus) dan tertinggi adalah 85,3% (Februari). Rata-rata limpasan tiap bulan berkisar antara 170 juta m³ (Agustus) hingga 780 juta m³ (Maret).

Jumlah kumulatif (CUSUM) curah hujan bulanan di DAS Citarum mempunyai kemiringan naik pada periode 1968-1981 dan turun pada periode 1978-2000 (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa pada daerah tersebut terdapat tiga periode yaitu periode basah (1968-1981), periode normal (1981-1987), dan periode kering (1987-2000). Pola CUSUM evapotranspirasi berlawanan dengan curah hujan, di mana kemiringan turun terjadi pada periode 1968-1981 sedangkan kemiringan naik terjadi pada periode 1987-2000. Persistensi evapotranspirasi yang turun mencerminkan periode basah sebaliknya persistensi yang naik mencerminkan periode kering.

Sementara itu limpasan bulanan mempunyai konsistensi mendarat (stabil) pada periode 1968-1987 dan 1994-2000, konsistensi sedikit turun pada periode 1987-1991, dan konsistensi sedikit naik pada periode 1991-1994. Walaupun demikian, sebenarnya limpasan tidak mempunyai persistensi yang tegas.

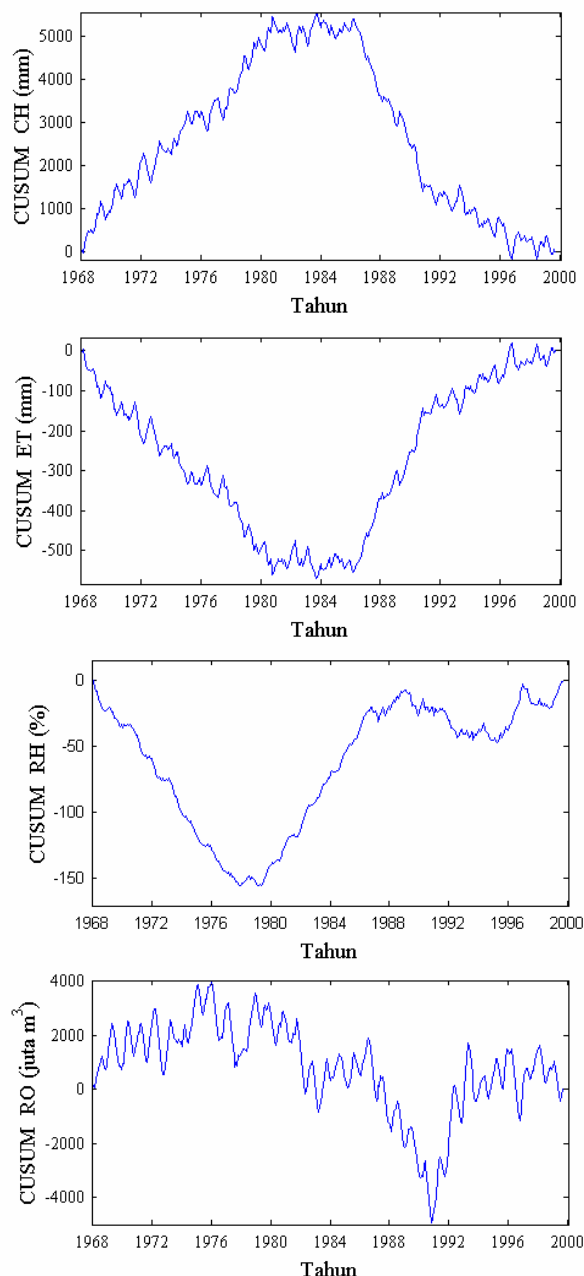


Gambar 1. Distribusi rata-rata hidrometeorologi DAS Citarum.

J = Januari, F = Februari, M = Maret, A = April, M = Mei, J = Juni, J = Juli, A = Agustus, S = September, O = Oktober, N = November, D = Desember

Kelembaban bulanan mempunyai konsistensi turun pada periode 1968-1977 kemudian konsistensi naik pada periode 1978-1989. Konsistensi kelembaban bulanan relatif normal pada periode 1989-2000. Konsistensi kelembaban yang turun diakibatkan adanya konsistensi evapotranspirasi yang turun di daerah aliran sungai Citarum. Demikian juga dengan sebaliknya

konsistensi kelembaban yang naik diakibatkan oleh adanya konsistensi evapotranspirasi naik.



Gambar 2. Jumlah kumulatif (CUSUM) hidrometeorologi DAS Citarum.

CH = Curah hujan, ET = Evapotranspirasi, RH = Kelembaban, RO = Limpasan

Adanya konsistensi kemiringan naik dan turun pada CUSUM tersebut mengindikasikan bahwa di daerah aliran sungai terjadi periode basah dan kering yang sangat tegas (seperti digambarkan oleh tiga komponen hidrometeorologi) dapat disebabkan oleh dinamika penutupan lahan, penggundulan hutan, dan

tataguna lahan di samping perubahan iklim dan dinamika fenomena iklim Global.

3.2 Variabilitas hidrometeorologi

Standar deviasi curah hujan, evapotranspirasi, kelembaban, dan limpasan bulanan untuk daerah aliran sungai Citarum sangat variatif (Tabel 1), masing-masing adalah 113, 20, 2, dan 302. Standar deviasi curah hujan dan limpasan bulanan jauh lebih besar dibanding evapotranspirasi dan kelembaban. Hal ini menunjukkan bahwa konsistensi curah hujan dan limpasan bulanan lebih rendah dibanding evapotranspirasi dan kelembaban bulanan.

Tabel 1. Nilai statistik Curah Hujan, Evapotranspirasi, Kelembaban, dan Limpasan

Parameter	CH (mm)	ET (mm)	RH (%)	RO (juta m ³)
Rata-rata	154	105	85	491
Minimum	0	38	78	0
Maksimum	496	362	90	1382
STDEV	113	20	2.2	302
Cv (%)	73	19	3	62

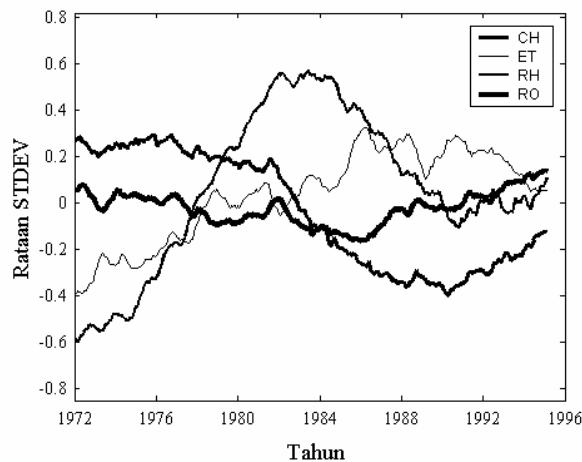
CH = Curah hujan, ET = Evapotranspirasi, RH = Kelembaban, RO = Limpasan

Dinamika standar deviasi curah hujan, evapotranspirasi, kelembaban, dan limpasan bulanan (untuk rata-rata 108 bulanan) ditunjukkan pada Gambar 3. Standar deviasi curah hujan bulanan cenderung turun pada periode 1972-1991. Hal ini menunjukkan bahwa curah hujan bulanan pada periode tersebut cenderung makin stabil. Sebaliknya standar deviasi evapotranspirasi bulanan cenderung naik, menunjukkan bahwa proses evapotranspirasi bulanan pada periode tersebut cenderung labil.

Standar deviasi kelembaban bulanan sangat dinamis, naik tajam pada periode 1972-1981 dan turun tajam pada periode 1985-1991. Hal ini menunjukkan bahwa proses kelembaban bulanan pada periode pertama makin labil dan periode kedua makin stabil. Sementara itu standar deviasi limpasan bulanan relatif konstan pada periode 1972-1996. Hal ini menunjukkan bahwa proses limpasan bulanan pada periode tersebut sangat stabil. Fluktuasi standar deviasi curah hujan dan kelembaban bulanan jauh lebih tinggi dibanding evapotranspirasi maupun limpasan bulanan. Fakta ini menunjukkan bahwa proses curah hujan dan kelembaban bulanan di daerah aliran sungai Citarum merupakan proses yang tidak stabil.

Variabilitas curah hujan bulanan merupakan yang tertinggi kemudian diikuti oleh limpasan, evapotranspirasi, dan kelembaban bulanan. Nilai variabilitasnya masing-masing adalah 73, 62, 19, dan 3% (Tabel 1). Curah hujan dan limpasan di DAS Citarum mempunyai variabilitas yang tinggi. Hal ini

menunjukkan bahwa proses curah hujan dan limpasan sangat *chaotic*.



Gambar 3. Komperatif dinamika standar deviasi (STD EV) hidrometeorologi DAS Citarum.

CH = Curah hujan, ET = Evapotranspirasi, RH = Kelembaban, RO = Limpasan

Variabilitas evapotranspirasi dan kelembaban cukup rendah, menunjukkan bahwa proses evapotranspirasi maupun kelembaban lebih beraturan. Fakta tersebut mengindikasikan bahwa konsistensi atau persistensi curah hujan dan limpasan bulanan lebih kecil.

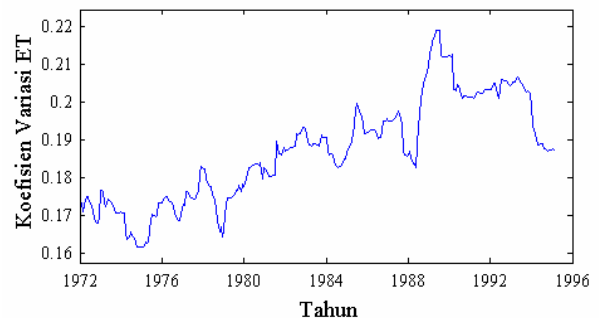
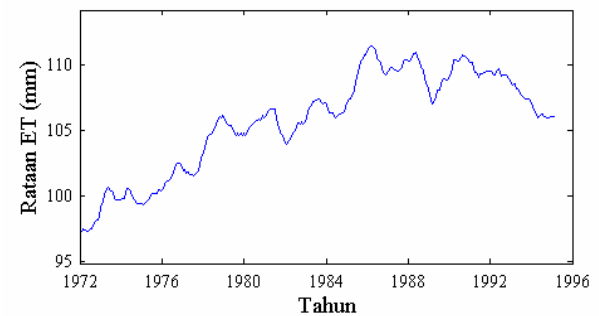
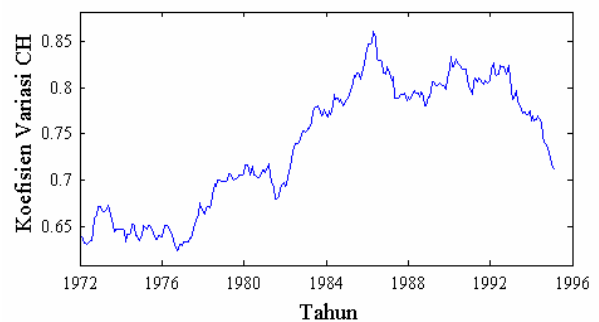
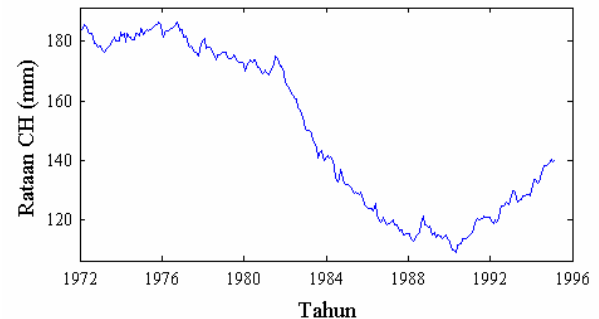
Dinamika rata-rata dan koefisien variasi hidrometeorologi bulanan (untuk rata-rata 108 bulanan) ditunjukkan pada Gambar 4a dan 4b. Rata-rata curah hujan bulanan cenderung turun pada periode 1972-1991 dan naik pada periode 1991-1996. Sementara itu koefisien variasi curah hujan bulanan cenderung naik pada periode pertama dan turun pada periode kedua. Hal ini mengindikasikan bahwa curah hujan bulanan cenderung turun akan tetapi variabilitasnya makin besar.

Pola rata-rata dan koefisien variasi evapotranspirasi bulanan mempunyai dinamika yang hampir sama yaitu cenderung naik pada periode 1972-1991 dan konstan pada periode 1991-1996. Fakta ini mengindikasikan bahwa evapotranspirasi bulanan cenderung naik dan variabilitasnya makin tinggi.

Pola rata-rata kelembaban bulanan agak naik pada periode 1972-1984 dan agak turun pada periode 1984-1996. Dinamika koefisien variasi kelembaban bulanan cenderung konstan pada periode 1972-1983 dan naik tajam pada periode 1983-1993. Fakta ini mengindikasikan bahwa kecenderungan kelembaban bulanan tidak berubah walaupun variabilitasnya makin tinggi.

Pola rata-rata limpasan bulanan agak turun pada periode 1972-1986 dan naik pada periode 1986-1996. Dinamika koefisien variasi limpasan bulanan

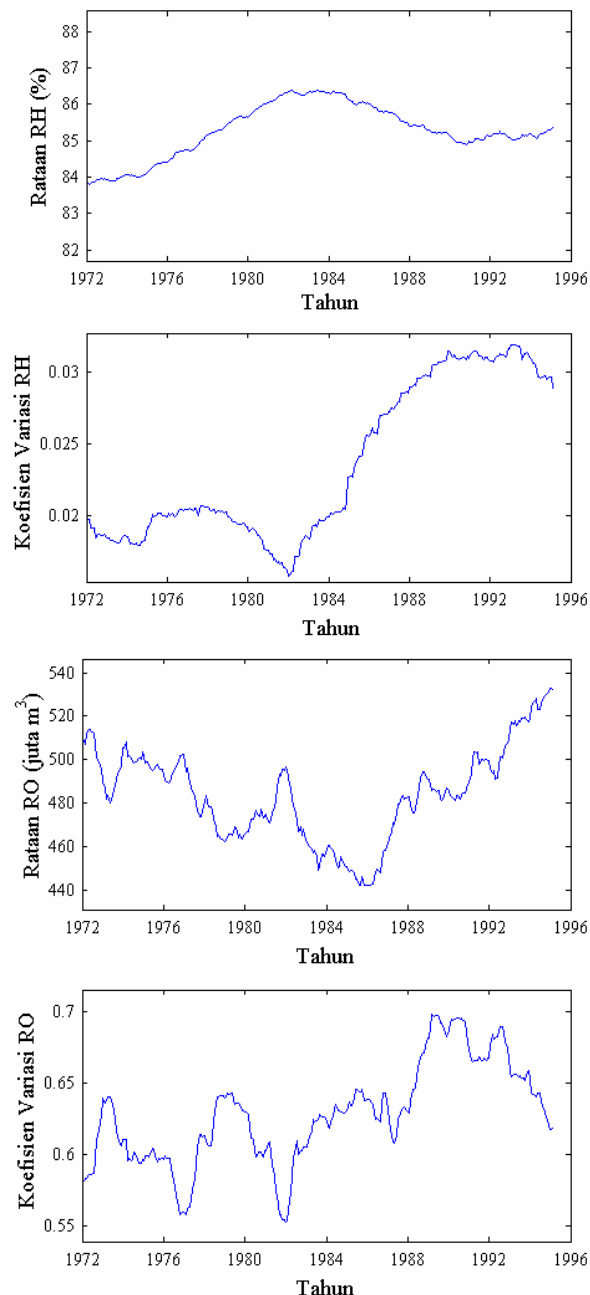
cenderung konstan pada periode 1972-1983 dan naik tajam pada periode 1983-1989. Fakta tersebut mengindikasikan bahwa limpasan bulanan tidak berubah dan variabilitasnya sangat dinamis



Gambar 4a. Dinamika rata-rata dan koefisien variasi curah hujan (CH) dan evapotranspirasi (ET).

Pola dinamika variabilitas hidrometeorologi di DAS Citarum dipengaruhi oleh komponen hidrometeorologi itu sendiri. Hal ini ditunjukkan oleh korelasi yang signifikan di antara komponen hidrometeorologi seperti terlihat pada Tabel 2 dan Gambar 5. Limpasan

mempunya korelasi yang sangat signifikan dengan curah hujan dan evapotranspirasi. Curah hujan yang tinggi menyebabkan limpasan meningkat (korelasi positif). Sementara itu evapotranspirasi yang tinggi menyebabkan limpasan menurun (korelasi negatif).



Gambar 4b. Dinamika rata-rata dan koefisien variasi kelembaban (RH) dan limpasan (RO).

Di samping itu, dinamika variabilitas hidrometeorologi tersebut juga berhubungan erat dengan dinamika fenomena global. Komponen hidrometeorologi mempunyai korelasi yang signifikan dengan beberapa fenomena global seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 6.

Variabilitas curah hujan berhubungan kuat dengan CIP. Curah hujan di DAS Citarum sangat dipengaruhi oleh variabilitas monsoon India. Hal ini ditunjukkan oleh korelasi yang sangat signifikan antara curah hujan dengan CIP yang merupakan salah satu indikator monsoon India.

Tabel 2. Korelasi hidrometeorologi di DAS Citarum

	CH	ET	RH
ET	-0,191*		
RH	0,019	0,130*	
RO	0,689**	-0,510**	-0,063*

CH = Curah hujan, ET = Evapotranspirasi, RH = Kelembaban, RO = Limpasan

* = Signifikan pada selang kepercayaan 95%

** = Signifikan pada selang kepercayaan 98%

Demikian juga variabilitas limpasan berhubungan kuat dengan CIP. Limpasan di DAS Citarum juga sangat dipengaruhi oleh variabilitas monsoon India. Seperti halnya curah hujan, limpasan menunjukkan korelasi yang sangat signifikan dengan CIP.

Evapotranspirasi mempunyai hubungan yang kuat dengan QBO, DMI, PWP, dan GT (korelasinya cukup signifikan). Sementara itu kelembaban mempunyai hubungan yang cukup signifikan dengan PW. Kelembaban sangat dipengaruhi oleh potensi uap air presipitasi di atmosfer, di mana PW merupakan indikatornya.

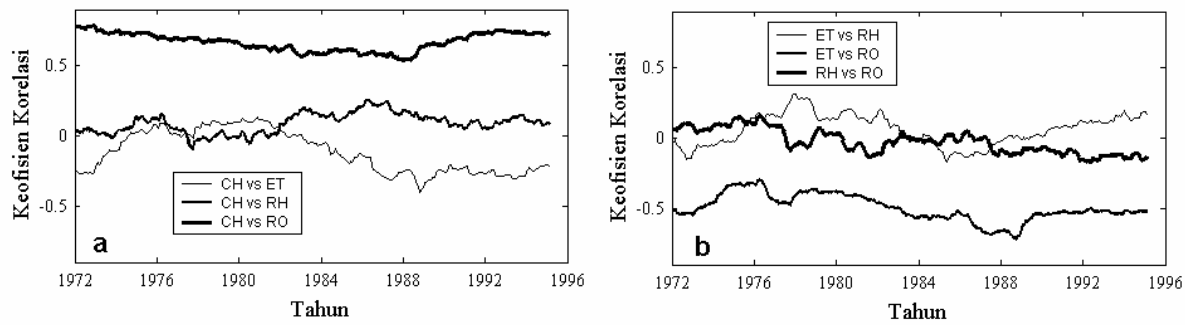
Tabel 3. Korelasi Curah Hujan, Evapotranspirasi, Kelembaban, dan Limpasan dengan Fenomena Global

Fenomena Global	Hidrometeorologi			
	CH	ET	RH	RO
OLR	-0,050	-0,116	-0,038	-0,182*
QBO	0,016	0,440**	0,021	0,036
PDO	-0,084	-0,084	0,206*	-0,020
PWP	-0,070	0,309*	0,217*	-0,012
GT	-0,108*	0,301*	0,221*	0,035
DMI	-0,114*	-0,386*	0,026	-0,184*
CIP	-0,515**	0,220*	-0,044	-0,610**
PW	0,169*	-0,107	0,361*	0,059

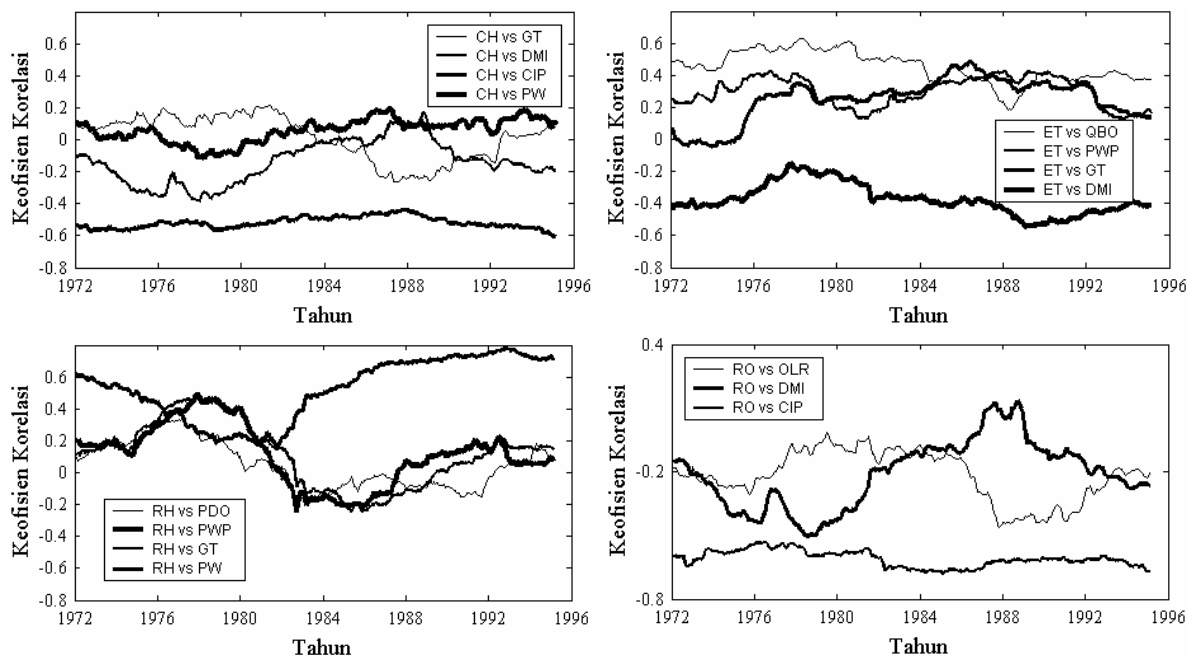
CH = Curah hujan, ET = Evapotranspirasi, RH = Kelembaban, RO = Limpasan, OLR = *Outgoing Long wave Radiation*, QBO = *Quasi-Biennial Oscillation*, PDO = *Pacific Decadal Oscillation*, PWP = *Pacific Warm Pool*, GT = *Global Temperature*, DMI = *Dipole Mode Indian*, CIP = *Central Indian Precipitation*, PW=*Precipitable Water*.

* = Signifikan pada selang kepercayaan 95%

** = Signifikan pada selang kepercayaan 98%



Gambar 5. Dinamika koefisien korelasi hidrometeorologi di DAS Citarum, CH = Curah hujan, ET = Evapotranspirasi, RH = Kelembaban, RO = Limpasan.



Gambar 6. Dinamika koefisien korelasi hidrometeorologi dan fenomena global,

CH = Curah hujan, ET = Evapotranspirasi, RH = Kelembaban, RO = Limpasan GT = *Global Temperature*, DMI = *Dipole Mode Indian*, CIP = *Central Indian Precipitation*, PW = *Precipitable Water*, QBO = *Quasi-Biennial Oscillation*, PWP = *Pacific Warm Pool*, PDO = *Pacific Decadal Oscillation*, OLR = *Outgoing Longwave Radiation*.

Fakta di atas menunjukkan bahwa proses hidrometeorologi di DAS Citarum tidak hanya dipengaruhi oleh faktor lokal (perubahan penutupan lahan, penurunan luas hutan, perubahan penggunaan lahan, dll) tetapi juga dipengaruhi oleh variabilitas fenomena global. Oleh karena itu dalam pengelolaan (penataan dan konservasi) DAS Citarum di masa depan harus dilakukan secara komprehensif dengan memperhatikan dinamika faktor lokal dan fenomena global.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian persistensi dan variabilitas komponen hidrometeorologi bulanan di daerah aliran sungai Citarum dapat disimpulkan sebagai berikut : curah hujan, evapotranspirasi, dan

kelembaban mempunyai persistensi yang tegas yaitu periode basah dan periode kering; limpasan tidak mempunyai persistensi yang tegas; stabilitas curah hujan dan kelembaban jauh lebih kecil dibandingkan evapotranspirasi dan limpasan; pola stabilitas curah hujan cenderung naik, sebaliknya stabilitas evapotranspirasi cenderung turun; variabilitas curah hujan dan limpasan sangat tinggi (sangat *chaotic*), sebaliknya variabilitas evapotranspirasi dan kelembaban sangat rendah (kurang *chaotic*). Pola variabilitas semua komponen hidrometeorologi cenderung naik. Variabilitas komponen hidrometeorologi dipengaruhi oleh fenomena global, terutama CIP, GT, DMI, PWP, dan PW.

Daftar Pustaka

- Chiew, F. H. S., T. C. Piechota, J. A. Drajup, and T. A. McMahon, 1998, El-Nino/Southern Oscillation and Australian Rainfall, Runoff, and Streamflow, and Drought: Links and Potential Forecasting, *J. Hydrol.*, **204**, 138-149.
- Fares, Y. R. and M. Ikhwan, 2001, Conceptual Modeling for Management of the Citarum Basin, Indonesia, *J. Environ. Hydrol.*, **9:10**, 1-9.
- Fares, Y. R., 2003, Water Resources Management in Tropical River Catchments, *J. Environ. Hydrol.*, **11:14**, 1-11.
- Green, S. and T. J. Marsh, 1997, A Consideration of Rainfall, Runoff, and Losses at Plynlimon in the Context of the Longterm Hydrological Variability in the Uk and Maritime Western Europe, *Hydrol. Earth Syst. Sc.*, **1:3**, 399-407.
- Kirchhof, W., 1993, Water Quality Management for Optimization of the System of the Citarum River Basin, *Research Reports: Forschungs Institut fur Wasser und Abfallwirtschaft an Der RWTH Aachen*, Aachen.
- Kusmandari, A., 1994, *Estimation of Erosion and Sediment Yield in Forest and Agroforestry Areas in Citarum, West Java, Indonesia: Application of the AGNPS Model*, PhD Thesis, University of Waterloo, Waterloo.
- Rizaldi, B. and A. Faqih, 2003, Current and Future Rainfall Variability in Indonesia, *Research Reports at Laboratory of Climatology, Department of Geophysics and Meteorology*, Bogor Agricultural University, Bogor.
- Simmonds, I. and P. Hope, 1997, Persistence Characteristics of Australian Rainfall Anomalies, *J. Climatolog.*, **17**, 597-613.
- Supriyo, A., S. Bambang and S. Soetrisno, 1999, Aquifer Storage and Recovery for Water Conservation in Bandung Basin, *2nd CGS National Short Course on ASR*, 27-29 October 1999, Adelaide.
- Terangna, N., 1995, Water Quality Conservation for the Citarum River in West Java, *Wat. Sci. Tech.*, **31:9**, 1-10.
- Whiting, J. P., M. F. Lambert, and A.V. Metcalfe, 2003, Modelling Persistence in Annual Australian Point Rainfall, *Hydrol. and Earth Syst. Sc.*, **7:2**, 197-211.
- Wihardini, D., M. Teubner, G. Dandy, and P. Rasser, 1999, Water Resources Management of the Citarum River Basin, Indonesia, *Proceedings: Water 99-Joint Congress*, July 1999, Brisbane.
- Xu, Z. X., K. Takeuchi, and H. Ishidaira, 2001, Precipitation Variation due to Climatic Change in Southeast Asia and the Pacific Region, *Proceedings of International Symposium on Achievement Of IHP V In Hyrology Research*, 399-413.
- Zeng, N., 1999, Seasonal Cycle and Interannual Variability in the Amazon Hidrologic Cycle, *J. Geophys. Res.*, **104**, 9097-9106.
- Zhang, Y., J.M. Wallace, D. S. Battisti, 1997, ENSO-like interdecadal variability, 1900-93. *J. Climate*, **10**, 1004-1020.