

VARIABILITAS TEMPORAL HIDROMETEOROLOGI DAERAH ALIRAN SUNGAI CISANGKUY KABUPATEN BANDUNG

Dadang Subarna¹, M. Yanuar J. Purwanto², Kukuh Murtilaksono², Wiweka¹

¹Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

²Institut Pertanian Bogor

dangsub@yahoo.com

Abstract

The research was conducted in the Sub Watershed Cisangkuy of the Upper Citarum Watershed in the Bandung regency. Cisangkuy river plays important role in the water supply to the population of Bandung regency and Bandung city. In the last ten years, the debit of the river was decreased at dry season but increased at rainy season that causes of flood in some places. It is needed to research the variability of hydrometeorology at the region. The monthly rainfall and debit in the period of 2001-2011 was processed using the coefficient of variation (CV), wavelets and moving average analysis. The result of the coefficient of variation and wavelets analysis show the monthly rainfall of four weather stations: Cileunca, Kertamanah, Cipanas and Ciherang have the CV of 78%, 82%, 84%, 70% respectively and show the dominant oscillation around 8-16 months. The debit of two hydrology stations: Pataruman and Kamasan have the CV of 97%, 86% respectively and show the dominant oscillation around 128 months and 64 months. The analysis of moving average with the simple, exponential, adaptive methods show the increase of five yearly debit significantly in the range of observed data which cause of the flood in the Kamasan Banjaran region. The 8-16 months oscillation is associated with the apparent position of the Sun between the Tropics of Cancer and Capricorn which cause regional variations in the intensity of monsoon and it's called annual oscillation. The 128 months oscillation of debit is associated with the ten to twelve (TTO) years oscillation in the tropical tropospheric temperature. While 64 months oscillation was associated with the tropical Pacific phenomena El Niño (warm condition) and La Niña (cold conditions) are the cause of 2-7 years oscillations known well as ENSO cycle.

Keywords : Watershed, Rainfall, Debit, Variability, Hidrometeorology, Wavelets, Moving Average, Oscillation.

Abstrak

Penelitian ini dilakukan di daerah aliran sungai Cisangkuy yang merupakan salah satu sub-DAS dari sistem DAS Citarum hulu di kabupaten Bandung. Sungai Cisangkuy sangat berperan penting dalam memasok kebutuhan air baku untuk penduduk kabupaten dan kota Bandung. Dalam sepuluh tahun terakhir, terjadi penurunan debit pada musim kemarau namun peningkatan debit pada musim penghujan dan menimbulkan banjir di beberapa kawasan. Dengan demikian, perlu dikaji dari aspek variabilitas hidrometeorologi di daerah itu. Data curah hujan dan debit bulanan dari tahun 2001-2011 telah diolah dengan menggunakan analisis *Coefficient of Variation* (CV), *wavelets* dan *moving average*. Hasil analisis menunjukkan bahwa data curah hujan bulanan dari empat stasiun: Cileunca, Kertamanah, Cipanas dan Ciherang mempunyai CV masing-masing 78%, 82%, 84%, 70% dan menunjukkan osilasi dominan sekitar 8-16 bulan. Data debit dari dua stasiun hidrologi: Pataruman dan Kamasan mempunyai CV 97% dan 86% serta menunjukkan osilasi masing-masing sekitar 128 bulan dan 64 bulan. Dari hasil analisis metode *moving average* dengan metode *simple*, *exponential* dan *adaptive* menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan periode debit lima tahunan yang signifikan selama interval waktu pengamatan yang menimbulkan peristiwa banjir di daerah

Kamasan Banjaran. Osilasi curah hujan 8-16 bulan terkait erat dengan pergerakan semu Matahari Utara-Selatan yang menyebabkan variasi regional dalam intensitas monsun dan disebut osilasi tahunan. Osilasi debit 128 bulan berkorelasi dengan osilasi temperatur troposfer tropis yang berosilasi antara 10-12 tahun. Sedangkan osilasi 64 bulan berhubungan erat dengan fenomena El Niño (kondisi hangat) dan La Niña (kondisi dingin) di Pasifik Tropis yang berosilasi 2-7 tahun dan dikenal dengan siklus ENSO.

Kata kunci : Daerah Aliran Sungai (DAS), Curah Hujan, Debit, Variabilitas, Hidrometeorologi, Wavelets, Moving Average, Osilasi.

1. PENDAHULUAN

Sungai Cisangkuy sangat berperan penting dalam memasok kebutuhan air baku untuk konsumsi penduduk kabupaten dan kota Bandung masing-masing sebesar 500 l/dt dan 1800 l/dt (UPTD, 2011). Kondisi pasokan tersebut tentunya sangat dipengaruhi oleh variabilitas hidrometeorologi yang menjadi imbuhan utama dalam suatu daerah aliran sungai. Fase ekstrim variabilitas iklim akan menyebabkan kondisi hujan dan debit sungai yang berlebih di suatu daerah aliran sungai dibandingkan kondisi normal atau kondisi kemarau yang jauh lebih kering dari kondisi normalnya. Dampak variabilitas tersebut dalam berbagai kondisi tertentu sistem ekonomi dan ekosistem di seluruh belahan dunia akan menghasilkan beberapa kasus bencana. Di dalam sistem iklim maka beberapa proses akan menghasilkan kejadian-kejadian bencana. Sebagaimana dipaparkan dalam Torrence dan Compo, 1998 bahwa fenomena ENSO merupakan sebab dari osilasi skala waktu sekitar 2-7 tahun siklus variabel iklim atau dikenal sebagai siklus ENSO yang dapat mengakibatkan bencana kekeringan dan banjir. Saat ini kebanyakan pengkajian terhadap sinyal variabilitas iklim disebabkan oleh ENSO, oleh karena itu maka beberapa penelitian yang terkait dengan dampak ENSO terhadap curah hujan bulanan telah banyak dilakukan, seperti oleh Ropelewski dan Halpert, 1987; Pabón dan Delgado 2008 ; Peel *et al.*, 2002; Poveda, 2004. Dengan demikian, skema prediksi iklim musiman didasarkan pada pengetahuan tentang fakta-fakta siklus ENSO pada daerah tertentu. Oleh karena tidak dimasukkannya mode variabilitas iklim yang lain seperti variabilitas antar musiman, MJO dan fenomena lain yang lebih kecil dari osilasi tahunan maka prediksi akan sering gagal khususnya pada rentang waktu dari bulan ke bulan atau kurang (Liebmann *et al.*, 1994). Fenomena ENSO di wilayah ekuatorial tepatnya di Lautan Pasifik mempunyai pengaruh yang amat luas, bahkan sampai ke lintang menengah (Juaeni dan Siswanto, 2006).

Sumber dari kegagalan prediksi pada rentang waktu bulan ke bulan terkait dengan tidak dimasukkannya variasi antar-musiman dalam skema-skema prediksi. Fluktuasi fase antar musiman

akan mengaktifkan dan tidak mengaktifkan curah hujan selama periode terkopel beberapa minggu terakhir, maju ke awal atau akhir musim penghujan atau bahkan mengalami periode jeda. Fase penghujan variabilitas antar musiman juga akan mengaktifkan kejadian curah hujan tinggi dan akan mengakibatkan bencana banjir dan tanah longsor. Oleh karena kebutuhan praktis untuk meningkatkan kemampuan prediksi sub-musiman maka perhatian pada mode antar-musiman variabilitas iklim telah meningkat dalam beberapa puluh tahun terakhir. Beberapa kajian telah dilakukan untuk mempelajari variabilitas yang terkait dengan osilasi Madden-Julian yang merupakan mode dominan dalam variabilitas iklim antar musiman (Madden and Julian, 1994).

Dengan memahami *intra seasonal variation* (ISV) dan pentingnya kondisi regional dalam meningkatkan prediksi iklim, sistem pencegahan dan peringatan dini serta kekuatan fenomena alam yang menyebabkan bencana, maka perlu dikaji keadaan kopel berbagai osilasi yang menghasilkan kejadian curah hujan dan debit aliran sungai yang ekstrim.

2. DATA DAN METODE

2.1. Data dan Lokasi Penelitian

Data curah hujan bulanan dan debit diperoleh dari stasiun hidrologi Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Jawa Barat antara tahun 2001 sampai tahun 2011. Lokasi penelitian dilakukan di daerah aliran sungai Cisangkuy yang terletak antara $06^{\circ} 59'24''$ – $07^{\circ} 13'51''$ LS dan $107^{\circ} 28'55''$ – $107^{\circ} 39'84''$ BT. Topografi DAS Cisangkuy bervariasi dari ketinggian 2.054 m dari permukaan laut di Gunung Malabar, hingga 658 m di pertemuannya dengan sungai induk, yaitu Sungai Citarum.

2.2. Simpangan Baku

Simpangan baku atau deviasi standar adalah ukuran sebaran statistik yang mengukur bagaimana nilai-nilai data tersebar. Bisa juga didefinisikan sebagai, rata-rata jarak penyimpangan titik-titik data diukur dari nilai rata-rata data tersebut dan dilambangkan dengan σ . Simpangan baku didefinisikan sebagai akar kuadrat varians. Simpangan baku merupakan bilangan tak-negatif, dan memiliki satuan yang sama dengan data. Misalnya jika suatu data diukur dalam satuan meter, maka simpangan baku juga diukur dalam meter pula. Koefisien variasi (*coefficient of variation*) dihitung dengan rumus:

$$CV = (100\% * \text{simpangan baku} / \text{rata-rata}) \quad (1)$$

Secara statistik CV adalah gambaran dari ukuran distribusi titik-titik data dalam suatu deret data

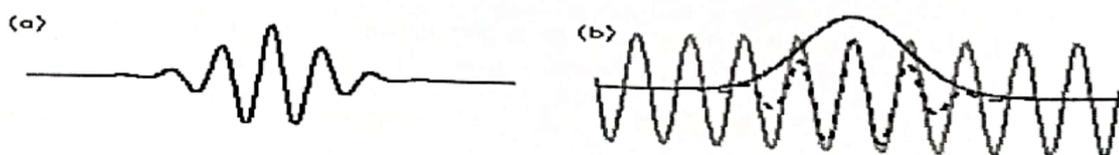
disekitar nilai rata-ratanya yang dapat menunjukkan perbandingan derajat variasi dari satu data dengan yang lainnya.

2.3. Perata-rataan Bergerak (*Moving average*)

Moving average atau perata-rataan berjalan mempunyai tiga varian yang berbeda yaitu *Simple Moving Average*, *Weighted Moving Average* atau adaptif dan *Exponential Moving Average*. Masing-masing merupakan metode perata-rataan bergerak, hanya saja cara merata-ratakannya yang berbeda satu sama lain. *Moving Average* merupakan indikator yang akan memberikan nilai rata-rata dari pergerakan nilai data dan digunakan untuk mengetahui trendnya.

2.4. Transformasi Wavelet

Kata *wavelet* diberikan oleh Jean Morlet dan Alex Grossmann di awal tahun 1980-an, dan berasal dari bahasa Perancis, *ondelette* yang berarti gelombang kecil. Kata *onde* yang berarti gelombang kemudian diterjemahkan kedalam bahasa Inggris menjadi *wave*, lalu digabung dengan kata aslinya sehingga terbentuk kata baru *wavelet* (Sedyono *et al.*, 2009). Suatu paket gelombang dengan durasi terbatas dan frekuensi tertentu dapat digunakan sebagai fungsi window untuk analisis ragam suatu sinyal. Paket gelombang ini biasanya disebut *Wavelet* yang merupakan gelombang sinus dikalikan dengan gelombang pembungkusnya biasanya bentuk fungsi Gauss.



Gambar 1. Wavelet Morlet dengan lebar dan amplitude tertentu sepanjang sumbu x, (a). Kontruksi gelombang wavelet (biru putus-putus) sebagai gelombang Sinus (hijau) dimodulasi oleh Fungsi Gauss (merah). (b). (Sumber: <http://paos.colorado.edu>)

Wavelet Morlet pada gambar 1 (a) didefinisikan sebagai perkalian dari gelombang eksponensial kompleks dan pembungkus Gauss:

$$\psi_0(\eta) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0\eta} e^{-\eta^2/2} \quad (2)$$

Ini adalah fungsi wavelet dasar, dimana ψ adalah nilai wavelet pada waktu tak berdimensi η dan ω_0 adalah bilangan gelombang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

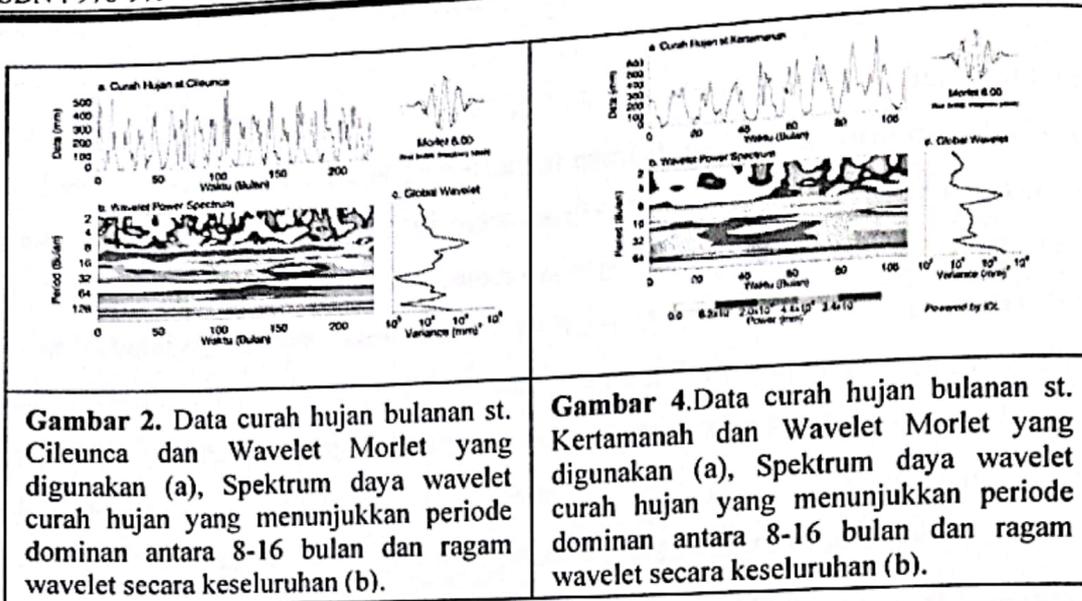
Salah satu cara untuk menggambarkan variabilitas suatu variabel klimatologi dalam suatu data deret waktu baik harian maupun bulanan bahkan tahunan dari satu tempat dengan tempat lain adalah dengan mengamati koefisien variasinya. Koefisien variasi (CV) adalah perbandingan antara simpangan baku atau deviasi standar dengan harga rata-ratanya, yang biasanya dinyatakan dalam persen. Bila CV tinggi berarti perbedaan nilai dari variasi bulanan besar; sebaliknya bila CV kecil berarti perbedaan nilai dari variasi bulanan kecil. Untuk data curah hujan bulanan dari empat stasiun yang diamati dapat dilihat pada Tabel 1. Variabilitas bulanan curah hujan di daerah aliran sungai Cisangkuy sangat tinggi di atas 50% yang berarti bahwa konsistensi curah hujan sangat rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa keadaan variasi yang sangat tajam dan relatif sangat jauh simpangan dari keadaan rata-ratanya yang memungkinkan pada kemunculan kejadian ekstrim.

Tabel 1. Koefisien variasi untuk data curah hujan di daerah aliran sungai Cisangkuy

Nama Stasiun Curah Hujan	Lokasi (LS, BT)	CV
Cileunca	07°11'35", 107°32'41"	78%
Kertamanah	06°11'25", 107°36'38"	82%
Cipanas	06°49'15", 107°37'59"	84%
Ciherang	07°2'13", 107°34'49"	70%

Beberapa data deret waktu dalam klimatologi secara statistik memperlihatkan perilaku yang non-stasioner dan sinyal ini berubah baik amplitudo maupun frekuensinya, serta ada juga kemungkinan mengandung sinyal periodik yang dominan. Sebagai contoh adalah ENSO yang mempunyai mode dominan variabilitasnya pada siklus 2-7 tahun dengan ditunjukkan pada loncatan frekuensi tinggi, namun karena sinyal ini bercampur dengan fluktuasi yang lebih lama dari interdekal maka fluktuasi interdekal akan berpengaruh pada modulasi amplitudo dan frekuensi pada kemunculan ENSO (Torrence dan Compo, 1998).

Untuk memisahkan osilasi (ada fluktuasi perulangan baik teratur atau tidak) periode yang lebih pendek dari yang panjang maka dikembangkan berbagai metoda mulai dari statistik yang sederhana sampai yang rumit. Statistik sederhana biasanya menggunakan rata-rata atau ragam dan transformasi Fourier dengan menggunakan ukuran *window* tertentu lalu bergeser-geser sepanjang sumbu waktu untuk menghitung FFT pada setiap waktu di dalam *window* tersebut. Masalah utama dalam FFT berbasis *window* adalah ketidakkonsistenan perlakuan yaitu pada frekuensi rendah hanya sedikit osilasi di dalam *window* sehingga lokalisasi frekuensi hilang, namun pada frekuensi tinggi sangat banyak osilasi sehingga lokalisasi waktu hilang. Oleh karena itu FFT menggunakan asumsi bahwa sinyal dapat diuraikan ke dalam komponen-komponen sinus saja.



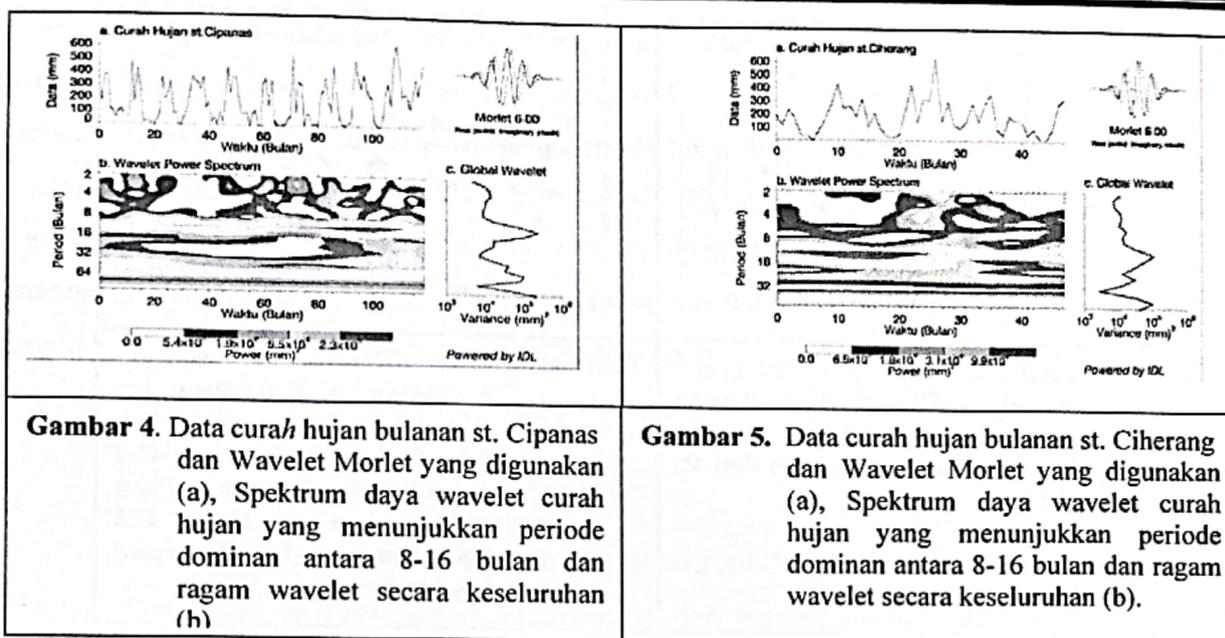
Gambar 2. Data curah hujan bulanan st. Cileunca dan Wavelet Morlet yang digunakan (a), Spektrum daya wavelet curah hujan yang menunjukkan periode dominan antara 8-16 bulan dan ragam wavelet secara keseluruhan (b).

Gambar 4. Data curah hujan bulanan st. Kertamanah dan Wavelet Morlet yang digunakan (a), Spektrum daya wavelet curah hujan yang menunjukkan periode dominan antara 8-16 bulan dan ragam wavelet secara keseluruhan (b).

Analisis wavelet mencoba untuk memecahkan permasalahan tersebut dengan menguraikannya ke dalam domain waktu dan frekuensi sekaligus, sehingga didapat informasi amplitudo pada suatu sinyal periodik di dalam deret waktu dan bagaimana amplitudo ini berubah terhadap waktu.

Pada Gambar 2(a) ditunjukkan data curah hujan bulanan stasiun Cileunca yang berfluktuasi irregular dengan amplitudo dan frekuensi yang berubah-ubah sepanjang evolusinya, ternyata dengan analisis wavelet terdapat perioda kuat dominan (warna merah) sekitar 12 bulan atau osilasi tahunan. Data curah hujan stasiun Kertamanah pada Gambar 3 dan data curah hujan stasiun Cipanas Gambar 4 letaknya hanya berjarak sekitar 2 km, keduanya masih menunjukkan perioda 12 bulan, namun tidak sekuat di stasiun Cileunca. Terdapat pengaruh *leeward* pada sisi punggung gunung Malabar dan Puncak Besar yang berperan sebagai penghalang pengaruh angin monsun dibandingkan dengan stasiun Cileunca yang relatif terbuka dan jauh dari pengaruh pegunungan Malabar.

Variabilitas berkurang sesuai dengan penurunan ketinggian pada stasiun curah hujan Cihayang yang ditunjukkan dengan CV sebesar 70% dibandingkan pada CV pada stasiun lain yang lebih tinggi. Dengan demikian variabilitas curah hujan di daerah aliran sungai Cisangkuy ditentukan juga oleh variasi topografi. Perioda dominan pada stasiun Cihayang masih sama menunjukkan osilasi 12 bulan atau osilasi tahunan (Gambar 5).

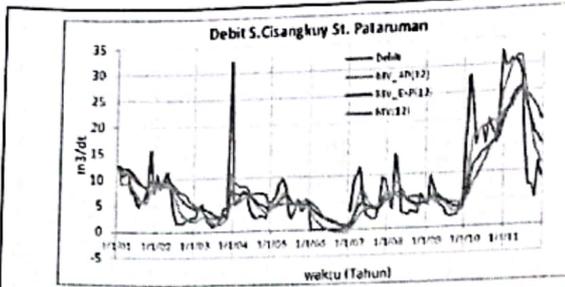


Debit sungai Cisangkuy dari dua stasiun hidrologi mempunyai variabilitas tinggi yaitu stasiun Pataruman dengan CV sebesar 97% dan stasiun Kamasan sebesar 86% seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.

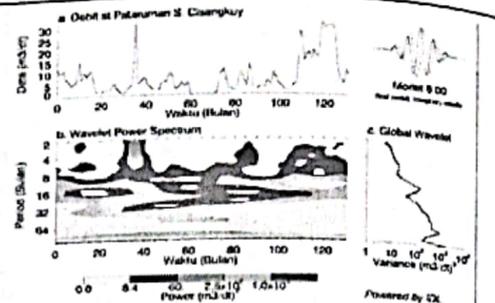
Tabel 2. Koefisien variasi debit sungai Cisangkuy

Nama Stasiun Hidrologi	Lokasi (LS,BT)	CV
Pataruman	7 06' 35", 107 32' 48"	97%
Kamasan	7 02' 45", 107 34' 39"	86%

Aliran esktrim yang pernah terjadi selama rentang waktu data pengamatan tercatat maksimum sebesar 372,20 m³/dt terjadi pada tanggal 30-09-2010 dan minimum sebesar 0,065 m³/dt pada tanggal 01-01-2001. Variabilitas curah hujan sangat berpengaruh pada debit aliran sungai. Debit air sungai Cisangkuy sangat dipengaruhi oleh curah hujan di daerah hulunya, namun berbeda periodisitas dominannya. Curah hujan mempunyai periode dominan 12 bulan sedangkan debit dianalisis untuk stasiun Pataruman mempunyai periode 128 bulan (Gambar 7) dan stasiun Kamasan mempunyai periode 64 bulan atau sekitar 5 tahunan (Gambar 9).

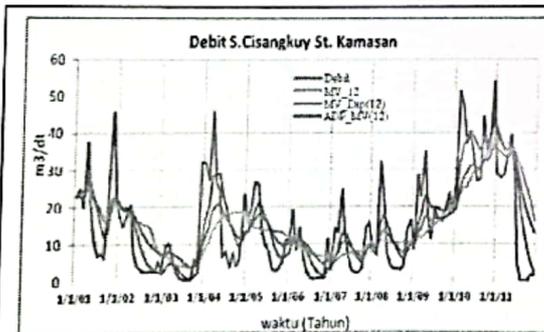


Gambar 6. Pendekatan pola debit bulanan sungai Cisangkuy dengan menggunakan teknik perata-rataan berjalan (*moving average*) dari st. Pataruman.

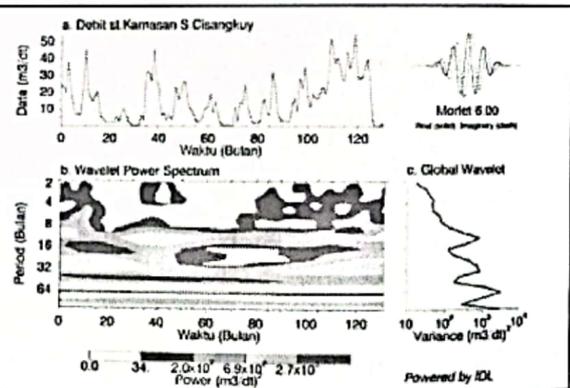


Gambar 7. Data debit bulanan sungai Cisangkuy st. Pataruman dan Wavelet Morlet yang digunakan (a), Spektrum daya wavelet curah hujan yang menunjukkan periode dominan antara 128 bulan dan ragam wavelet secara keseluruhan (b).

Kombinasi periode 12 bulan dengan periode 64 bulan dan 128 bulan akan menyebabkan debit air di sungai Cisangkuy menjadi tinggi dan menimbulkan kejadian ekstrim dan banjir di daerah kamasan Banjaran, seperti ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 8.



Gambar 8. Pendekatan pola debit bulanan sungai Cisangkuy dengan menggunakan teknik perata-rataan berjalan (*moving average*) dari st. Kamasan



Gambar 9. Data debit bulanan sungai Cisangkuy st. Kasamasan dan Wavelet Morlet yang digunakan (a), Spektrum daya wavelet curah hujan yang menunjukkan periode dominan antara 64 bulan dan ragam wavelet secara keseluruhan (b).

Dari hasil analisis *moving average* dengan metode *simple*, *exponential* dan *adaptive* menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan periode debit lima tahunan yang signifikan selama interval waktu pengamatan yang menimbulkan peristiwa banjir di daerah Kamasan Banjaran. Evaluasi risiko hidrologi yang terkait dengan pelepasan (*discharge*) maksimum di DAS Cisangkuy

telah dianalisis didasarkan pada data debit harian antara tahun 2001-2011 dari dua stasiun hidrologi. Analisis dengan data debit harian yang dirata-rata setiap bulan menunjukkan bahwa terdapat periode dominan lima tahunan disamping periode tak dominan tahunan (*annual oscillation*) yang berimplikasi beberapa kejadian ekstrim hidrologi. Konfigurasi geofisik dari sistem terdangeng lautan-atmosfer daerah Indo-Pasifik dimana curah hujan disokong oleh kolam panas Pasifik Barat merupakan salah satu pembentuk iklim di Indonesia (Giannini *et al.*, 2007). Variabilitas dan prediktibilitas musiman iklim monsun di Indonesia didominasi oleh pengaruh fenomena ENSO dengan siklus 2-7 tahun yang berimplikasi pada peningkatan debit sungai Cisangkuy.

4. KESIMPULAN

Data curah hujan dan debit bulanan dari tahun 2001-2011 telah diolah dengan menggunakan analisis *Coefficient of Variation (CV)*, *wavelets* dan *moving average* dengan metode *simple*, *exponential* dan *adaptive*. Hasil analisis menunjukkan bahwa data curah hujan bulanan dari empat stasiun cuaca mempunyai variabilitas tinggi yang ditunjukkan dengan nilai CV yaitu Cileunca, Kertamanah Cipanas dan Ciherang masing-masing 78%, 82%, 84%, 70%. Curah hujan mempunyai osilasi dominan sekitar 8-16 bulan (*annual oscillation*). Debit sungai Cisangkuy dari dua stasiun hidrologi juga mempunyai variabilitas tinggi : Pataruman dan Kamasan, masing-masing 97%, 86%. Debit sungai Cisangkuy mempunyai osilasi masing-masing sekitar 128 bulan dan sekitar 64 bulan. Dari hasil analisis metoda *moving average* dengan metode-metode *simple*, *exponential*, dan *adaptive* menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan periode debit lima tahunan yang signifikan selama interval waktu pengamatan yang menimbulkan peristiwa banjir di daerah Kamasan Banjaran. Osilasi 8-16 bulan terkait erat dengan pergerakan semu Matahari Utara-Selatan yang menyebabkan variasi regional untuk intensitas monsun dan disebut osilasi tahunan. Sedangkan osilasi 128 bulan berkorelasi dengan osilasi temperatur troposfer tropis yang berosilasi antara 10-12 tahun (Pabón dan Delgado, 2008; Poveda, 2004). Osilasi 64 bulan berhubungan erat dengan fenomena El Niño (kondisi hangat) dan La Niña (kondisi dingin) di Pasifik Tropis yang berosilasi 2-7 tahun dan dikenal dengan siklus ENSO (Peel *et al.*, 2002; Torrence dan Compo, 1998)

DAFTAR RUJUKAN

- [Http://paos.colorado.edu/](http://paos.colorado.edu/) diakses tanggal 20 November 2012
Juaeni, I dan B.Siswanto, 2006. Variabilitas Curah Hujan di Indonesia Berdasarkan Luaran Model Area Terbatas Resolusi 20 km, Proseeding Seminar Tahunan Himpunan Ahli Geofisika Indonesia, November 2006

- Liebmann B., H. H. Hendon, and J. D. Glick, 1994. The relationship between tropical cyclones of the western Pacific and Indian Oceans and the Madden-Julian oscillation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 72, 401-411.
- Madden R.A., Julian P.R., 1994. Observations of the 40-50-day tropical oscillation-a review. *Mon. Weather Rev.*, v. 122, No. 5, pp. 814-837.
- Pabón J.D., and J.D Delgado 2008. Intraseasonal Variability of Rainfall over Northern South America and Caribbean Region *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, - No. 7
- Poveda G., 2004. La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Rev. Acad. Colomb. Cien.*, 28 (107): 201-222.
- Ropelewski C.F., Halpert M.S., 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, pp. 1606-1626.
- Sedyono, E., Y.Nataliani dan C.M. Rorimpandey.2009. Klasifikasi Sidik Jari dengan Menggunakan metoda Wavelet Symlet. *Jurnal Informatika V.5 No.2*
- Torrence, C. and G.P. Compo, 1998. A Practical Guide to Wavelet Analysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 61-78.
- Torrence, C. and G.P. Compo, A Practical Guide to Wavelet Analysis: With significance and confidence testing, <http://paos.colorado.edu/research/wavelets/> diakses 1 oktober 2012
- UPTD [Unit Pelaksanan teknis Daerah] sub DAS Cisangkuy. 2011. PEMDA Kabupaten Bandung.