

ANALISIS WAVELET DAN VARIABILITAS TEMPORAL HIDROKLIMATOLOGI DAERAH ALIRAN SUNGAI (STUDI KASUS SUB-DAS CISANGKUY KABUPATEN BANDUNG)

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

Diterima : 12 Mei 2012 Disetujui: 2 Juni 2012

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 hydroclimatology at the region. The monthly rainfall and debit in range 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 is associated with the the tropical Pacific phenomena El Niño (warm condition) and La Niña (cold conditions) are the cause of 2-7 years oscillations which famous with ENSO cycle.

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

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).

¹⁾ Staf Penelitian Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

²⁾ Staf Pengajar di Institut Pertanian Bogor, Bogor

Kondisi pasokan tersebut tentunya sangat dipengaruhi oleh variabilitas hidroklimatologi 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 dilakukan di berbagai dunia, 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 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, 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 prediktibilitas 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 memperhitungkan keadaan pengetahuan tentang *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.

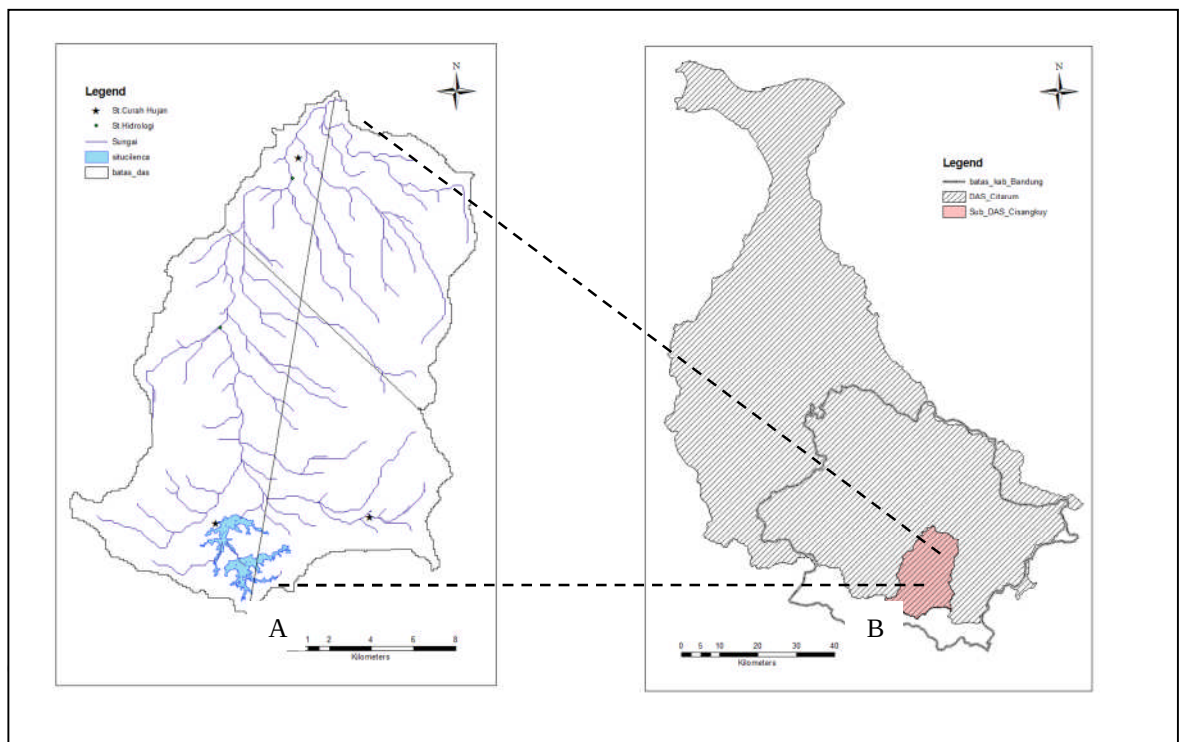
METODE PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di daerah aliran sungai Cisangkuy yang terletak antara 06° 59'24" – 07°

13°51" LS dan 107° 28'55" – 107° 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. Kondisi hidrologi, sebaran curah hujan tahunan pada DAS Cisangkuy bervariasi dari 3.500 mm/tahun hingga 2.000 mm/tahun. Musim

kemarau yang terjadi pada DAS Citarum Hulu berlangsung pada bulan Juni sampai Agustus dengan September, Oktober, November sebagai bulan-bulan transisi dari kemarau ke penghujan dan musim penghujan pada periode Desember, sampai Februari dengan Maret, April, Mei sebagai bulan-bulan transisi dari penghujan ke kemarau.



a. 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.

Simpangan baku untuk populasi disimbolkan dengan σ (sigma) dan didefinisikan dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad (1)$$

Simpangan baku untuk sampel disimbolkan dengan s dan didefinisikan dengan rumus:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2)$$

dimana $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ adalah nilai data dari sampel dan $\bar{x}$ adalah rata-rata dari sampel.

Rumus untuk menghitung rata-rata adalah

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (3)$$

Koefisien variasi (coefficient of variation) dihitung dengan rumus: $CV = (100\% \times \text{simpangan baku} / \text{rata-rata})$ (4)

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.

b. 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. *Simple Moving Average* atau perata-rataan bergerak sederhana dihitung dengan rumus:

$$\bar{X}_d = \frac{\sum_{i=1}^n X_{(d-i)+1}}{n}, n \leq d \quad (5)$$

Rumus *Weighted Moving Average* atau adaptif adalah

$$\bar{X}_d = \frac{\sum_{i=1}^n w_i X_{(d-i)+1}}{\sum_{i=1}^n w_i}, n \leq d \quad (6)$$

Sedangkan untuk *Exponential Moving Average* atau perata-rataan bergerak eksponensial adalah

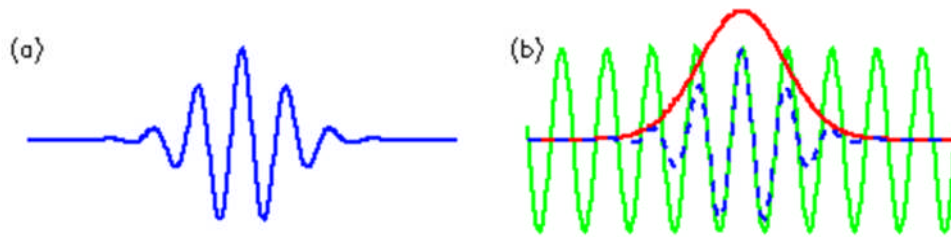
$$\bar{X}_d = \frac{\sum_{i=1}^n S^{i-1} X_{(d-i)+1}}{\sum_{i=1}^n S^{i-1}}, n \leq d \quad (7)$$

Dimana w_i adalah bobot ke- i dan S faktor bobot berbentuk pangkat.

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* (Sediyono *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 2. 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 (a) didefinisikan sebagai perkalian dari gelombang eksponensial kompleks dan pembungkus Gauss:

$$\psi_0(\eta) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0\eta} e^{-\eta^2/2} \quad (8)$$

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

Untuk merubah keseluruhan ukuran agar dapat menggeser keseluruhan wavelet sepanjang sumbu waktu maka dirumuskan wavelet berskala yaitu:

$$\psi\left[\frac{(n' - n)\delta t}{s}\right] = \left(\frac{\delta t}{s}\right)^{1/2} \psi_0\left[\frac{(n' - n)\delta t}{s}\right] \quad (9)$$

Dimana s adalah parameter dilatasi yang digunakan untuk merubah skala dan n adalah parameter translasi yang digunakan untuk menggeser dalam sumbu waktu. Faktor $s^{-1/2}$ adalah normalisasi untuk mempertahankan energi total konstanta wavelet yang terskala. Sehingga bila suatu deret waktu X dengan nilai X_n pada indeks waktu n . Setiap nilai dipisahkan dengan interval waktu konstan δt . Transformasi wavelet $W_n(s)$ adalah konvolusi (perkalian bintang) dari fungsi wavelet dan deret waktu awalnya:

$$W_n(s) = \sum_{n'=0}^{N-1} x_{n'} \psi^* \left[\frac{(n' - n)\delta t}{s} \right] \quad (10)$$

Dimana $(*)$ menunjukkan konjugat kompleks. Integral pada persamaan (10) dapat dievaluasi untuk berbagai nilai skala s (biasanya untuk pengali kemungkinan frekuensi yang terendah, juga semua nilai n antara tanggal mulai dan akhir. Gambaran 2-D dari variabilitas suatu deret waktu kemudian dapat dikonstruksi dengan memplot amplitudo dan fasa wavelet.

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 prosen. 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 bawah konsistensi curah hujan sangat rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa keadaan variasi

yang sangat tajam dan ralatif sangat jauh simpangan dari keadaan rata-ratanya yang memungkinkan pada kemunculan kejadian ekstrim.

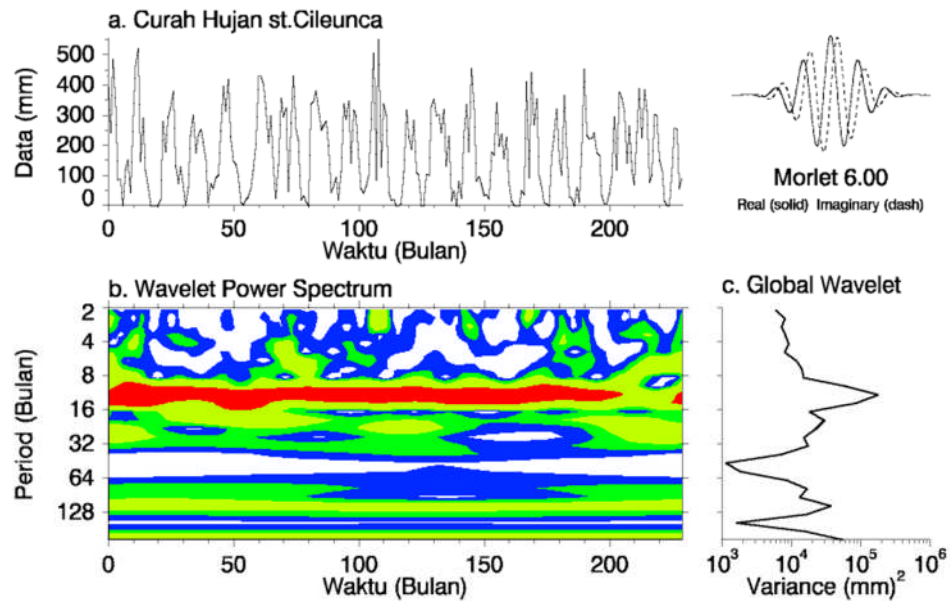
Tabel 1. Koefisien variasi untuk data curah hujan di daerah aliran sungai Cisangkuy

Nama Stasiun Curah Hujan	Lokasi (LS, BT)	<i>Coefficient of Variation</i> (CV)
Cileunca	07 ⁰ 11'35", 107 ⁰ 32'41"	78%
Kertamanah	06 ⁰ 11'25", 107 ⁰ 36'38"	82%
Cipanas	06 ⁰ 49'15", 107 ⁰ 37'59"	84%
Ciherang	07 ⁰ 2'13", 107 ⁰ 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 interdekadal maka fluktuasi interdekadal 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

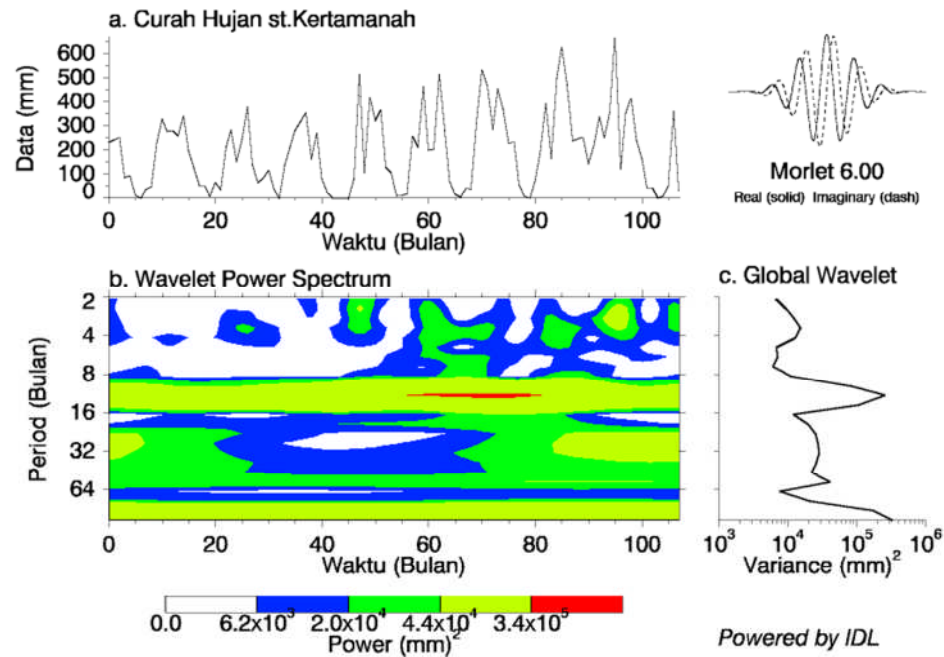
dikembangkan berbagai metoda mulai dari statistik yang sederhana sampai yang rumit. Statistik sederhana biasanya menggunakan rata-rata atau ragam dan transformasi Fourier dengan menggunakan ukuran *window* tertentu lalu bergeser-geser sepanjang sumbu waktu untuk menghitung FFT pada setiap waktu di dalam *window* tersebut. Masalah utama dalam FFT berbasis *window* adalah ketidakonsistenan 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



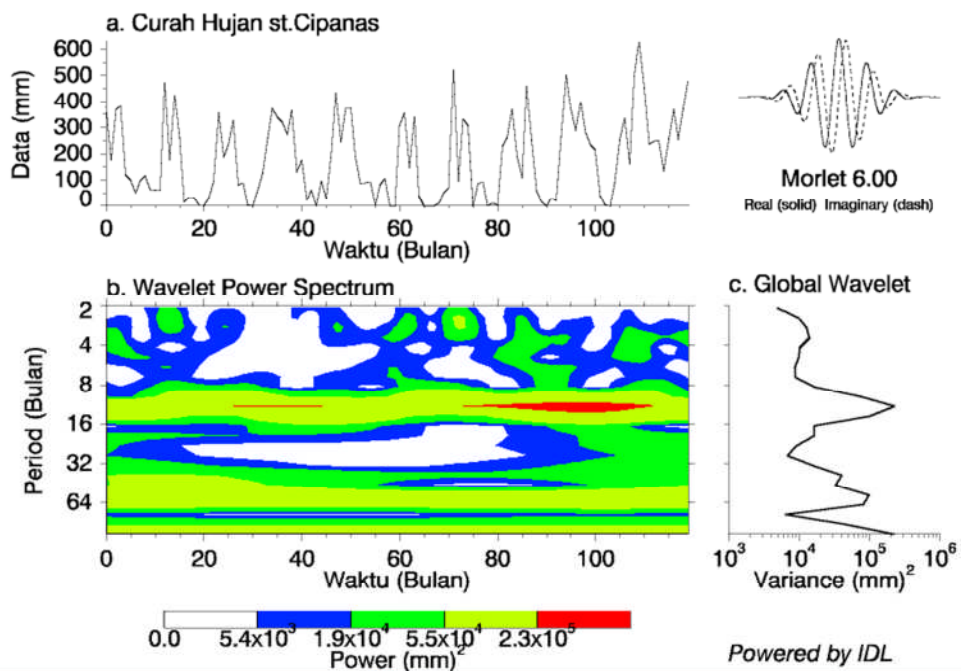
Gambar 3. Data curah hujan bulanan st. Cileunca dan Wavelet Morlet yang digunakan (a), Spektrum daya wavelet curah hujan yang menunjukkan periode dominan antara 8-16 bulan dan ragam wavelet secara keseluruhan (b).

sinus saja. 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 3(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 periode kuat dominan (warna merah) sekitar 12 bulan atau osilasi tahunan.

Data curah hujan stasiun Kertamanah pada Gambar 4 dan data curah hujan stasiun Cipanas Gambar 5 letaknya hanya berjarak sekitar 2 km, keduanya masih menunjukkan periode 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.



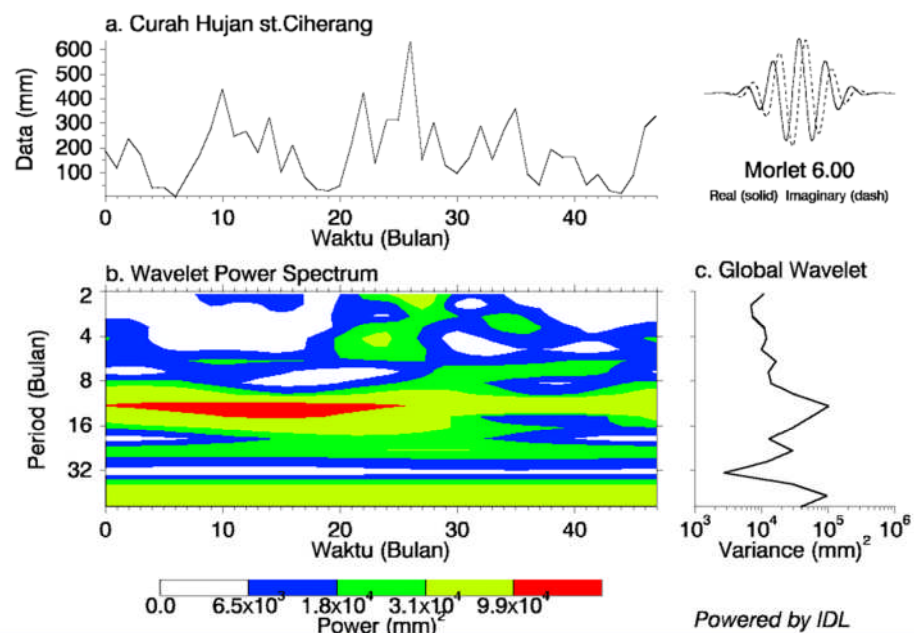
Gambar 4. Data curah hujan bulanan st. Kertamanah dan Wavelet Morlet yang digunakan (a), Spektrum daya wavelet curah hujan yang menunjukkan periode dominan antara 8-16 bulan dan ragam wavelet secara keseluruhan (b).



Gambar 5. Data curah hujan bulanan st. Cipanas 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).

Variabilitas berkurang sesuai dengan penurunan ketinggian pada stasiun curah hujan Ciherang 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. Periode dominan pada stasiun Ciherang masih sama menunjukkan osilasi 12 bulan atau osilasi tahunan (Gambar 6).



Gambar 6. Data curah hujan bulanan st. Ciherang 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).

Debit sungai Cisangkuy dari dua stasiun hidrologi mempunyai variabilitas tinggi yaitu stasiun

Pataruman CV=97% dan stasiun Kamasan, CV=86% seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.

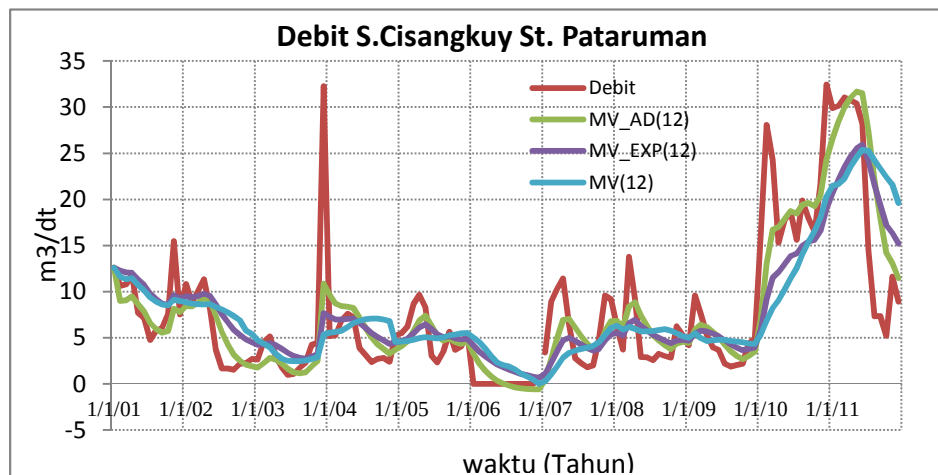
Tabel 2. Koefisien variasi debit sungai Cisangkuy

Nama Stasiun Hidrologi	Lokasi (LS,BT)	Coefficient of Variation (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 $372,20 \text{ m}^3/\text{dt}$ terjadi pada tanggal 30-09-2010 dan minimum sebesar $0,065 \text{ m}^3/\text{dt}$ 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 8) dan

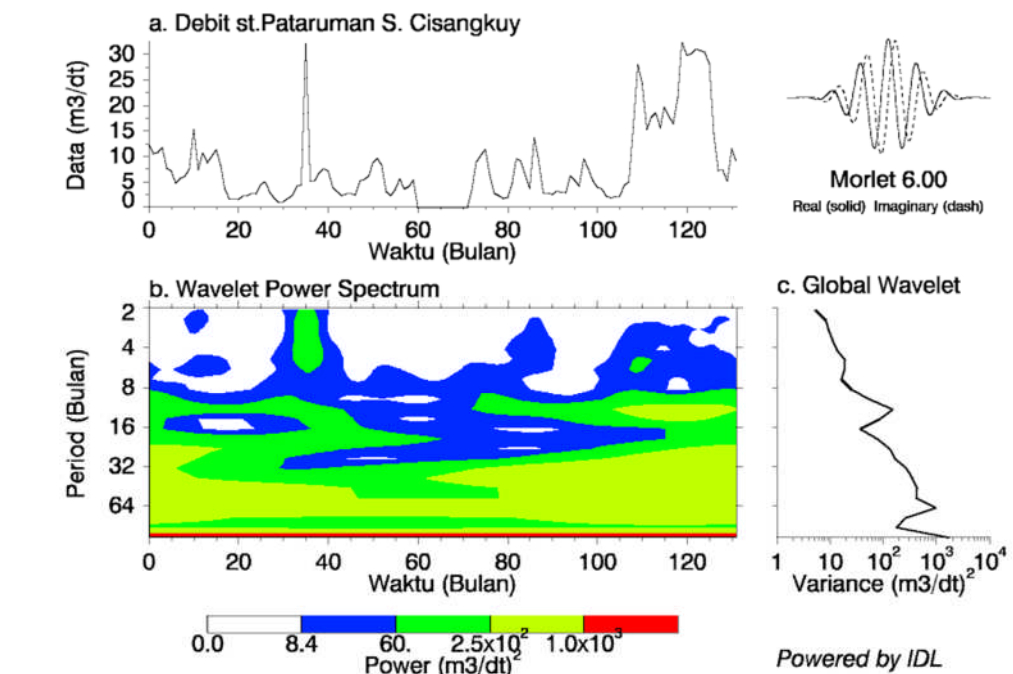
stasiun Kamasan mempunyai periode (Gambar 10).
64 bulan atau sekitar 5 tahunan



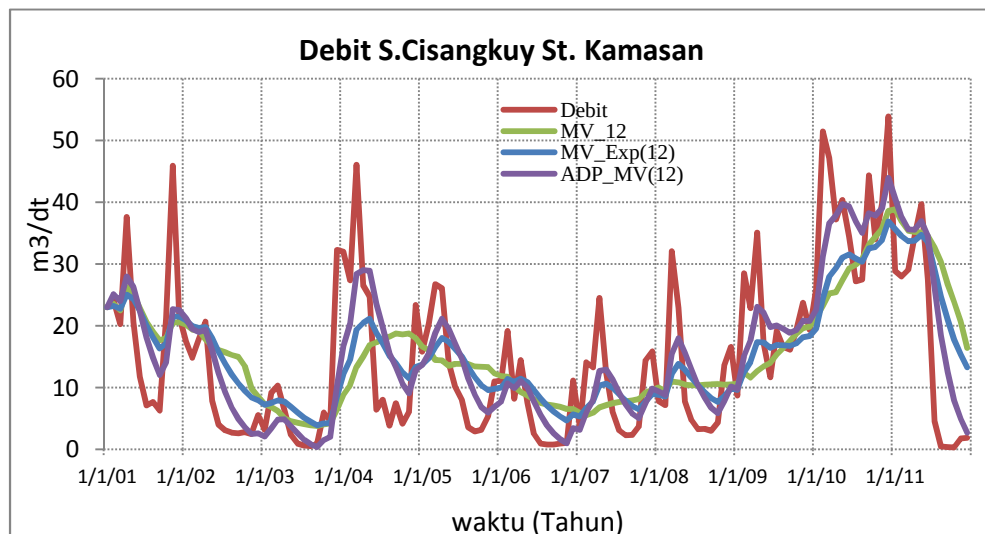
Gambar 7. Pendekatan pola debit bulanan sungai Cisangkuy dengan menggunakan teknik perata-rataan berjalan (*moving average*) dari st. Pataruman.

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 Banjarn, seperti ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 9.



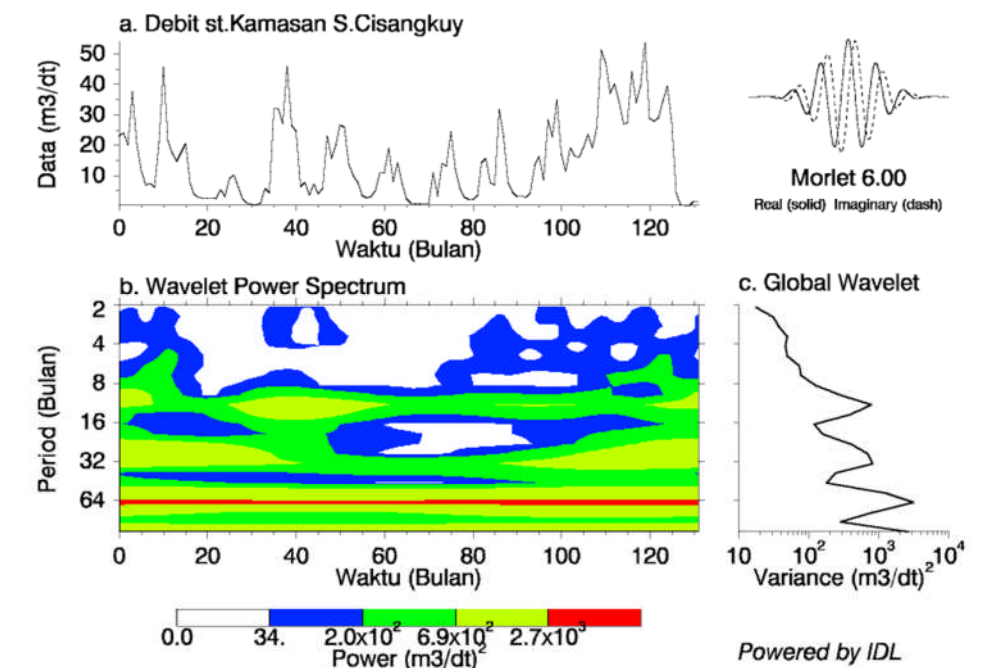
Gambar 8. Data debit bulanan sungai Cisangkuy st. Pataruman dan Wavelet Morlet yang digunakan (a), Spektrum daya wavelet curah hujan yang menunjukkan periode dominan antara 128 bulan dan ragam wavelet secara keseluruhan (b).



Gambar 9. Pendekatan pola debit bulanan sungai Cisangkuy dengan menggunakan teknik perata-rataan berjalan (*moving average*) dari st. Kamasan

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.



Gambar 10. 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).

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 tergandeng 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.

Kemampuan untuk memprediksi kejadian-kejadian ekstrim dengan akurasi yang beralasan dan logis akan sangat membantu dalam perencanaan untuk mengambil langkah-langkah operasional yang diperlukan dalam mengantisipasi kejadian-kejadian ekstrim tersebut. Prediksi hidrologi secara operasional dan pengelolaan sumberdaya air memerlukan piranti-piranti yang efisien untuk menyediakan estimasi yang akurat tentang ketersediaan sumberdaya air. Sehingga memahami periodisitas curah hujan dan debit sungai dapat membantu upaya-upaya perencanaan yang lebih terarah.

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-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

fenomana 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 PUSTAKA

- Bantzer C H., Wallace J M., 1996. Intraseasonal Variability in Tropical Mean Temperature and Precipitation and their Relation to the Tropical 40-50 Day Oscillation. *J. of Atmos. Sc.*, v. 53, No. 21 (Nov), pp. 3032-3045.
- Barlow M., Wheeler M., Lyon B., Cullen H., 2005. Modulation of Daily Precipitation over Southwest Asia by the Madden-Julian Oscillation. *Monthly Wea. Review*, 133 pp. 3579-3594.
- Bond N.A., Vecchi G.A., 2003. The Influence of the Madden-Julian oscillation on precipitation in Oregon and Washington. *Wea. Forecasting*, v. 18, pp. 600-613.
- Garreaud R.D., 2000. Intraseasonal Variability of Moisture and Rainfall over the South American Altiplano. *Monthly Wea. Rev.*, 128, pp. 337-3346.
- [Http://paos.colorado.edu/](http://paos.colorado.edu/) diakses tanggal 20 November 2012
- Jones C., Carvalho L.M.V., Higgins R.W., Waliser D.E., Schemm J.K.E., 2004a. Climatology of Tropical Intraseasonal Convective Anomalies: 1979-2002. *J. of Climate*, v. 17, pp. 523-539.
- Jones, C., and Schemm J. -K. E., 2000. The influence of intraseasonal variations on medium-range weather forecasts over South America. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 486-494.
- Jones C., Waliser D.E., Lau K.M., Stern W., 2004b. Global Occurrence of Extreme Precipitation and Madden-Julian Oscillation: Observations and Predictability. *J. of Climate*, v. 7, pp. 4575-4589.
- Jones C., Waliser D.E., Lau K.M., Stern W., 2004c. The Madden-Julian Oscillation and Its Impact on Northern Hemisphere Weather Predictability. *Mon. Wea. Rev.*, 115, pp. 1462-1471.
- 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
- Krishnamurti V., Shukla J., 2007. Intraseasonal and Seasonally Persisting Patterns of Indian Monsoon Rainfall. *J. of Climate*, v. 20, pp. 3-20.
- 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.
- Misra V., 2005. Simulation of the Intraseasonal Variance of the South American Summer Monsoon., *Monthly Wea. Rev.*, 133, pp. 663-676.
- 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
- Peel M.C., McMahon ., T.A., Finlayson B.L., 2002. Variability of Annual Precipitation and Its Relationship to El Niño-Southern Oscillation. *J. of Climate*, 15 (6), pp. 545-551.
- Petersen W.A., Nesbitt S.W., Blakeslee R.J., Cifelli R., Hein P., Rutledge S.A., 2002. TRMM Observations of Intraseasonal Variability in Convective Regimes over the Amazon. *J. of Climate*, 15, pp.1278-1294.
- Poveda G., 2004. La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diaria. *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.
- Sediyono, E., Y.Nataliani dan C.M. Rorimpandey.2009. Klasifikasi Sidik Jari dengan Menggunakan metoda Wavelet Symlet. *Jurnal Informatika V.5 No.2*
- Sultan B., Janicot S., Diedhiou A., 2003. The West African monsoon dynamics. Part I: Documentation of intraseasonal variability. *J. of Climate*, 16, pp. 3389-3406.
- 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 Pelaksanaan teknis Daerah] sub DAS Cisangkuy. 2011. PEMDA Kabupaten Bandung.
- Ye H., Cho H.-R., 2001. Spatial and temporal characteristics of intraseasonal oscillations of precipitation over the United States. *Theoretical and Applied Climatology*. v.68, pp. 51-66.