Megasains, Vol. 10, No.1, 41-47
ISSN 2086-5589
gaw.kototabang.bmkg.go.id/megasains.php
© GAW BKT, 2019

Identifikasi Osilasi Atmosfer Yang Mempengaruhi Variabilitas Curah Hujan dan Suhu di Bandung

Neneng Sugianti[1] dan Tony Agus Wijaya[2]

Stasiun Geofisika Bandung

Abstrak. Interaksi atmosfer-daratan-lautan di wilayah monsun Asia dan monsun Australia serta Samudera Pasifik salah satunya menghasilkan variabilitas elemen iklim tahunan di wilayah tersebut yang selanjutnya dikenal sebagai TBO. TBO (*Tropospheric Biennial Oscillation*) adalah salah satu bentuk variasi elemen iklim tahunan di lapisan troposfer (dari permukaan sampai tropopause) dengan perioda sekitar 2-3 tahun yang terjadi di wilayah monsun Asia, monsun Australia, lautan India Tropis dan lautan Pasifik Tropis. Proses monsun asia musim panas dan *El nino Southern Oscillation* (ENSO) biasanya dijelaskan dengan skema sistem monsun-atmosfer-laut (*Monsoon-Atmosphere-Ocean System*, MAOS). Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data curah hujan dan suhu rata-rata bulanan, periode pengamatan 1971-2013 di stasiun Geofisika Klas I Bandung. Metode yang digunakan dalam mengidentifikasi pengaruh ENSO terhadap pola curah hujan dan suhu, yaitu menggunakan analisis wavelet. Hasil pengolahan data dan analisis mengindikasikan bahwa curah hujan dan suhu di Bandung tidak terpengaruh ENSO tetapi dominan pengaruh monsun atau siklus satu tahunan dan siklus pengaruh lokal.

Kata kunci: Bandung, Curah Hujan, Wavelet

Abstract. *The interaction of the atmosphere-land-ocean in the Asian monsoon and monsoon regions of Australia and the Pacific Ocean one of which generate annual variability of climatic elements in the region that became known as the TBO. TBO (Tropospheric Biennial Oscillation) is one form of annual climatic element variations in the troposphere (from the surface to the tropopause) with a period of about 2-3 years is happening in the Asian monsoon region, the Australian monsoon, tropical Indian Ocean and tropical Pacific Ocean. Asian summer monsoon mechanism and El nino Southern Oscillation (ENSO) system is commonly expressed in the schema-atmosphere-ocean monsoon (Monsoon-Ocean-Atmosphere System, Maos). The data used in this study consisted of rainfall data and the average monthly temperature, the observation period 1971-2013 in Class I Geophysical station of Bandung. The method used to identify the influence of ENSO on rainfall patterns and temperature, using wavelet analysis. The results of data processing and analysis indicate that precipitation and temperature in Bandung is not affected by ENSO but the dominant influence of the monsoon or annual cycles and cycles of local influence.*

.

Key words: Bandung, Rainfall, Wavelet

Pendahuluan

Tingkat intensitas curah hujan di wilayah tropis, seperti Indonesia, dipengaruhi beberapa faktor, seperti *Inter-Tropical Convergence Zone* (ITCZ), topografi, siklon, dan konvergensi. Adapun faktor yang dominan mempengaruhi curah hujan adalah *ITCZ* dimana pengaruh aktivitasnya meliputi kawasan yang luas dan hampir sepanjang tahun. Faktor lain yang juga berpengaruh kuat adalah topografi wilayah, seperti yang terjadi di sebagian wilayah Jawa dan Sumatera. Selain kedua faktor tersebut intensitas curah hujan juga dipengaruhi oleh siklon tropis dan konvergensi. Beberapa wilayah Indonesia memiliki intensitas curah hujan yang cukup tinggi akibat pengaruh beberapa faktor tersebut. Pengaruh dominan terutama di Indonesia bagian barat, dan semakin lemah di wilayah timur, kecuali Maluku dan Papua.

Salah satu parameter yang berpengaruh terhadap kondisi cuaca dan iklim adalah *Sea Surface Temperature* (SST), karena laut merupakan sumber utama uap air untuk proses yang terjadi di atmosfer. Semakin hangat SST maka akan semakin banyak uap air yang didistribusikan ke atmosfer, sehingga akan semakin besar kemungkinan terjadinya hujan (Aldrian, 2003). Penelitian dari Hendon (2003) menyimpulkan bahwa terdapat korelasi yang kuat antara curah hujan untuk wilayah Indonesia dengan SST (SST lokal dan Pasifik). Suhu air laut

nenengsugianti@gmail.com

terutama lapisan permukaan, ditentukan oleh pemanasan matahari yang intensitasnya selalu berubah terhadap waktu. Perubahan suhu ini dapat terjadi secara musiman, tahunan, dan jangka panjang.

Letak geografis Indonesia terletak di antara Samudera Hindia dan Samudera Pasifik serta di antara Benua Asia dan Benua Australia. Oleh karena itu, cuaca dan iklim di wilayah Indonesia dipengaruhi oleh sirkulasi atmosfer global, regional dan lokal, seperti sirkulasi utara-selatan (*Hadley*), sirkulasi barat-timur (*Walker*) dan sistem angin lokal (Aldrian dkk., 2007). Gangguan terhadap salah satu sistem sirkulasi ini akan mempengaruhi cuaca dan iklim di wilayah Indonesia (Mukarami,dkk. 2000).

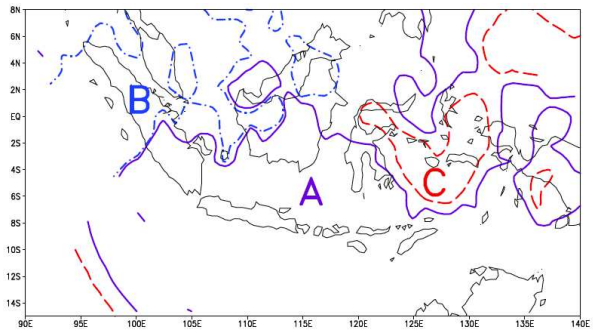
Aktivitas atmosfer di wilayah Indonesia dipengaruhi oleh peran monsun yang relatif dominan, dan kombinasi interaksi antara *El-Niño and Southern Oscillation* (ENSO), *Dipole Mode Index* (DMI) dan faktor lokal. Adapun faktor utama penyebab terjadinya variabilitas iklim terutama curah hujan yang bersiklus tahunan di wilayah Indonesia adalah fenomena berskala global yang disebut ENSO. Fenomena ENSO memiliki siklus antara 2 hingga 7 tahun. Di wilayah Indonesia, fenomena ENSO ditandai dengan musim kering yang melebihi normalnya. Fenomena ini berbanding terbalik dengan fenomena La-Niña yang ditandai curah hujan melebihi batasan normalnya (Ropelweski dan Halpert, 1987).

Berdasarkan penelitian terdahulu diketahui bahwa terdapat hubungan yang kuat antara curah hujan di wilayah Indonesia dan indikator ENSO, seperti dengan suhu permukaan laut (SST) di wilayah Pasifik Timur (daerah Niño) atau dengan Indeks Osilasi Selatan (SOI=*Southern Oscillation Index*) sebagaimana yang telah banyak dinyatakan oleh beberapa penelitian terdahulu (Haylock dan McBride 2001; Hendon, 2003; Aldrian, 2003; Gunawan, 2006).

Fenomena global *El Nino* merupakan sistem interaksi antara laut dan atmosfer, yang ditandai dengan memanasnya suhu muka laut di Ekuator Pasifik Timur. Dengan kata lain anomali suhu muka laut di wilayah tersebut bernilai positif. Fenomena global *La Nina* sebaliknya, fenomena ini ditandai dengan anomali suhu muka laut di wilayah Pasifik Tengah yang bernilai negatif, artinya suhu muka laut lebih dingin dari rata-rata klimatologisnya. Peristiwa *La Nina* secara umum biasanya memberikan pengaruh pada hujan yang lebih besar dari jumlah normalnya atau lebih besar dari jumlah rata-ratanya. Pengaruh fenomena El-Nino terhadap pola hujan di Indonesia bervariasi tergantung posisi wilayah. Pengaruh El-Nino kuat pada daerah yang berpola hujan monsun, dan lemah pada daerah berpola hujan equatorial dan tidak jelas pada wilayah dengan pola hujan lokal (Tjasyono, 1997).

Selain akibat pengaruh fluktuasi suhu permukaan laut di samudera pasifik (ENSO) dan Samudera Hindia (*Indian Ocean Dipole Mode* atau IODM), pola curah hujan di wilayah Indonesia juga dipengaruhi fenomena fase aktif osilasi intra-musiman yang disebut *Madden-Julian Oscillation* (MJO). MJO merupakan fenomena osilasi tekanan (pola tekanan tinggi-tekanan rendah) dengan periode lebih kurang 48 hari yang menjalar dari barat ke timur. Fenomena ini berawal dari pantai timur Afrika kemudian menuju ke timur dan berakhir di bagian tengah Pasifik. Menurut Geerts and Wheeler (1998) bahwa MJO akan menyebabkan terjadinya variasi pola angin, suhu permukaan laut (SPL), awan dan intensitas hujan. Apabila fase aktif MJO terjadi bersamaan dengan musim hujan (Desember, Januari dan Pebruari) atau angin munson barat maka dapat menyebabkan terjadinya peningkatan intensitas curah hujan.

MJO berosilasi dengan periode sekitar 20 hari sampai 90 hari periode utamanya adalah sekitar 45 hari (Suryantoro, 2004). MJO ditandai oleh pergeseran dari peningkatan atau penurunan curah hujan ke arah timur untuk wilayah yang luas, yang terjadi di atas samudra Hindia hingga samudra Pasifik (Madden and Julian, 1971). Perubahan curah hujan karena MJO terjadi dalam waktu 30 sampai 60 hari, dan hanya terjadi pada tahun-tahun El Nino atau La Nina tidak aktif atau ada tetapi lemah (Hendon, dkk., 1999).



Gambar 1. Zonasi Pola Curah Hujan Indonesia, dengan A: Pola curah hujan monsunal, B: Pola curah hujan ekuatorial, dan C: Pola curah hujan lokal.(Aldrian, 2003).

Pola curah hujan di wilayah Indonesia pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi tiga pola berdasarkan frekuensi dan puncak kejadian musim hujan. Pada Gambar 1 ditunjukkan pembagian wilayah musim hasil penelitian Aldrian dan Susanto (2003), yang membagi wilayah Indonesia menjadi 3 daerah curah hujan dominan (wilayah A, B, dan C) dengan wilayah intermedit ditengahnya, untuk wilayah A ada perbedaan jelas antara musim kemarau dan hujan. SST dan jumlah curah hujan berkurang dari Januari hingga Agustus dan meningkat dari Agustus hingga

Desember. Secara umum pola hujan dibagi menjadi : pola hujan equatorial, yaitu pola hujan 2 puncak (bimodal) yang hampir sepanjang tahun masuk dalam kriteria musim hujan. Dan pola hujan monsunal, yaitu pola hujan dengan 1 puncak hujan (unimodal) yang wilayahnya memiliki perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dan periode musim kemarau. Pola hujan lokal (pola curah hujan yang dipengaruhi oleh kondisi fisik lokal setempat). Wilayah dengan pola hujan lokal ini memiliki distribusi hujan bulanan kebalikan dengan pola monsun. Pola lokal dicirikan oleh bentuk pola hujan unimodal (satu puncak hujan), tetapi bentuknya berlawanan dengan tipe hujan monsun.

Yasunary, (1981) dan Mulyana, (1986) menyatakan bahwa salah satu karakteristik iklim yang sangat penting dalam penelitian di suatu wilayah adalah periodisitas curah hujan. Kedua peneliti tersebut telah mengamati adanya beberapa macam periodisitas curah hujan khusus untuk Pulau Jawa. Mulyana (1986) menggunakan beberapa metode analisis spektral untuk mengetahui periodisitas curah hujan di Ketapang. Beberapa metode yang digunakannya adalah metode "*windowing*", metode klimatologi dan metode FFT (*Fast Forier Transformation*). Kelemahan dari motode FFT adalah ketidakmampuan dalam mengidentifikasi waktu terjadinya frekuensi dominan dari periodisitas curah hujan yang ada di suatu wilayah.

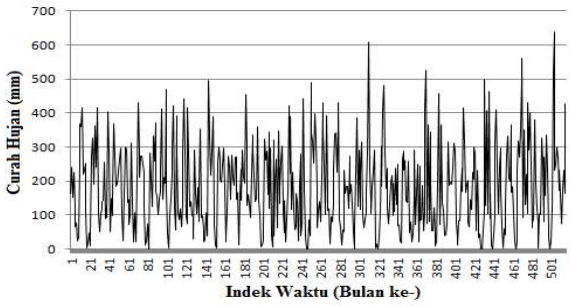
Selain analisis menggunakan FFT, analisis wavelet menjadi metode yang handal untuk menganalisis variabilitas curah hujan. Tranformasi ini merubah fungsi domain waktu menjadi fungsi domain frekuensi. Wavelet dapat digunakan untuk menentukan baik mode dominan variabilitas ataupun variasi mode tersebut terhadap waktu. Transformasi wavelet telah digunakan untuk berbagai penelitian atmosfer dan klimatologi, seperti konveksi tropis (Weng dan Lau 1994), (Gu dan Philander 1995; Wang dan Wang 1996). Sediyono dkk. (2009) melakukan analisis wavelet dan variabilitas temporal di wilayah kabupaten Bandung dengan menggunakan data curah hujan dan debit bulanan dari tahun 2001-2011. Hasil analisis menunjukkan bahwa data curah hujan bulanan mempunyai variabilitas tinggi dan mempunyai osilasi dominan sekitar 8 hingga 16 bulan (AO).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka variabilitas atau periodisitas curah hujan menjadi penting untuk diteliti peranannya di suatu wilayah iklim. Pada penelitian ini dilakukan analisis identifikasi osilasi atmosfer yang mempengaruhi curah hujan dan suhu di wilayah Bandung, Pentingnya hal ini diteliti karena iklim di Bandung menarik untuk diteliti dimana wilayah tersebut terletak di tengah pulau Jawa Bagian Barat berbentuk cekungan dengan elevasi tinggi yang menyebabkan iklimnya agak berbeda dengan wilayah sekitarnya dan mengalami perkembangan yang sangat pesat, baik sebagai kota wisata, wilayah perkebunan/pertanian ataupun kawasan industri. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui osilasi atmosfer yang dominan mempengaruhi curah hujan dan suhu di wilayah Bandung, sehingga diketahui osilasi yang berperan utama mempengaruhi iklim wilayah ini.

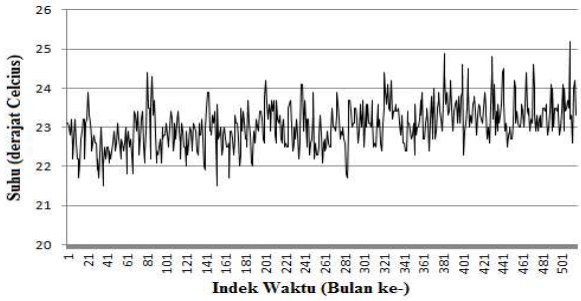
Metodologi

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini, terdiri dari data rata-rata bulanan curah hujan dan suhu udara permukaan pada periode pengamatan 1971-2013 di wilayah Bandung. Lokasi stasiun pengamatan data yang digunakan adalah Stasiun Geofisika Klas I Bandung yang terletak di jalan Cemara no. 66 kota Bandung propinsi Jawa Barat, koordinat 107 °36' BT- 06°55' LS, ketinggian 791 m dengan nomor stasiun 96783. Berdasarkan data curah hujan yang dicatat di Stasiun Geofisika Klas I Bandung tersebut diketahui bahwa intensitas curah hujan tertinggi adalah 637 mm yaitu pada bulan Desember 2012, selain itu pada bulan Agustus tahun 1991, 1995, 2006 dan 2007 tidak tercatat adanya hujan. Suhu udara rata-rata bulanan tertinggi yang tercatat adalah 24,9°C yaitu pada bulan Oktober tahun 2002, sedangkan suhu rata-rata bulanan terendah adalah 21,5°C terjadi pada bulan Januari tahun 1974 dan bulan Agustus tahun 1983.



Gambar 2. Plot curah hujan rata-rata bulanan dari tahun 1971-2013



Gambar 3. Sama dengan Gambar 2 untuk suhu.

Metode Transformasi Wavelet

Pada tahap pengolahan data dilakukan normalisasi terhadap standar deviasinya, meskipun langkah ini tidak harus dilakukan. Normalisasi bertujuan untuk mempermudah pada perbandingan hasil plot gambarnya. Normalisasi dilakukan sehingga didapatkan indek data, persamaan normalisasi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\boldsymbol{x_i} = \frac{x_i - \bar{x_i}}{\sqrt{var}} \quad (1)$$

dimana x_i adalah data ke-i, var adalah varian data.

Tranformasi Fourier adalah sebuah transformasi integral yang menyatakan kembali sebuah fungsi dalam fungsi basis sinusoidal, yaitu sebuah fungsi penjumlahan sinusoidal. Transformasi Fourier merupakan suatu model transformasi yang merubah fungsi domain waktu menjadi domain frekuensi. Metode análisis dalam domain frekuensi digunakan terutama untuk filtering data. Dengan menggunakan transformasi Fourier, sinyal atau *time series* dapat dilihat sebagai suatu obyek dalam domain frekuensi. Analisis frekuensi dari suatu sinyal atau *time series* juga dapat dilakukan menggunakan metode wavelet.

Torrence dan Compo, (1998) dengan menggunakan metode transformasi wavelet untuk mengidentifikasi suatu fenomena sebagai penyebab siklus variabel iklim. Fenomena ini memiliki skala waktu osilasi sekitar 2-7 tahun atau dikenal sebagai fenomena 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.

a. Windowed Fourier Transform (WFT)

WFT merupakan salah satu alat analisis untuk mengekstraksi informasi frekuensi lokal dari sinyal. Transform Fourier dilakukan dengan menggeser segmen dengan panjang T pada serangkaian runtun waktu (*time series*) dengan interval dt dan jumlah panjang Ndt, sehingga mengembalikan frekuensi yang ada pada *time series* tersebut. Segmen yang digunakan dapat berupa fungsi *window* sembarang misalnya *box* atau Gaussian (Kaiser 1994). Mengunakan metode ini adalah tidak efektif apabila terdapat beberapa frekuensi dominan di dalam sinyal atau time series, karena membutuhkan panjang *window* yang berbeda-beda.

b. Wavelet transform

Wavelet awalnya dikemukakan oleh Jean Morlet dan Alex Grossmann pada awal tahun 1980-an yang berarti gelombang kecil. Suatu paket gelombang dengan durasi terbatas dan frekuensi tertentu dapat digunakan sebagai fungsi *window* untuk analisis suatu sinyal. Paket gelombang ini biasanya disebut *Wavelet* yang merupakan gelombang sinus dikalikan dengan gelombang *envelope*-nya biasanya bentuk fungsi Gaussian. Transformasi wavelet dapat digunakan untuk menganalisis *time series* yang mengandung data *nonstationer* yang terdiri banyak frekuensi (Daubechies 1990). Transformasi wavelet kontinyu dari sekumpulan data diskrit didefinisikan sebagai konvolusi dari xn dengan skala (s) dan translasi dari fungsi gelombang, dapat dituliskan sebagai berikut :

$$W_n(s) = \sum_{n'=0}^{N-1} x_{n'} \psi^* \left[\frac{(n'-n)\delta t}{s} \right] \quad (2)$$

dimana ψ adalah fungsi gelombang, n adalah data dan t adalah waktu, (*) mengindikasikan konjugasi.

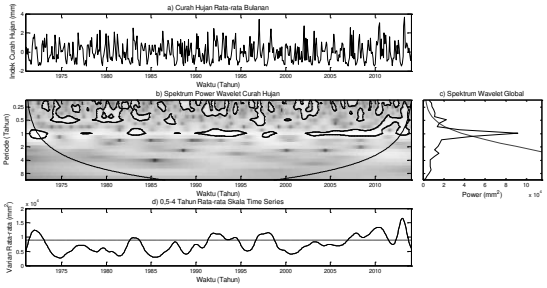
Hasil dan Pembahasan

Salah satu metode untuk mengetahui periodisitas iklim suatu wilayah adalah dengan mengidentifikasi variabilitas curah hujan dan suhu di wilayah tersebut. Variabilitas curah hujan dan suhu yang terjadi pada suatu wilayah dapat menggambarkan berbagai siklus atau osilasi yang berperan terhadap iklim di wilayah tersebut.

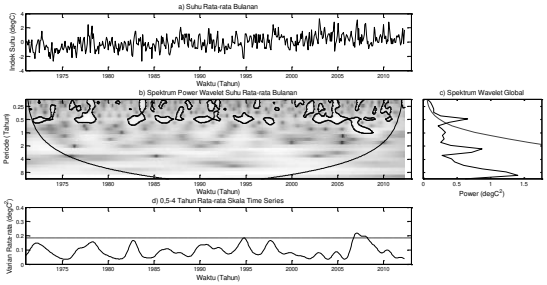
Variabilitas curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh monsun barat dan monsun timur akibat dari pergeseran ITCZ. Penyinaran matahari pada bulan Juli mengakibatkan musim panas di belahan bumi utara, sehingga ITCZ berada di belahan bumi utara dan angin bergerak dari selatan menuju utara ekuator atau disebut monsun timur. Penyinaran matahari pada pertengahan bulan Oktober hingga Pebruari mengakibatkan musim panas di belahan bumi selatan, sehingga ITCZ berada di belahan bumi selatan dan angin bergerak dari utara menuju selatan ekuator atau disebut monsun barat. Monsun timur mempengaruhi variabilitas curah hujan di Indonesia pada bulan Juni-Juli-Agustus (musim kemarau), sedangkan monsun barat mempengaruhi curah hujan di Indonesia pada bulan Desember-Januari-Pebruari (musim hujan) (McBride dan Winarso, 2002).

Pada Gambar 4 ditunjukkan a) indek data b) spektral wavelet, c) global spektral dan d) rata-rata power spektral pada 0,5 hingga 4 tahunan. Indek data merupakan normalisasi dari data curah hujan sehingga memudahkan pada perbandingan plot power spektralnya. Spektral power wavelet

dari data curah hujan menunjukkan secara temporal perubahan atau variabilitas curah hujan terhadap waktu. Berdasarkan spektral wavelet terlihat bahwa periodisitas atau variabilitas dominan curah hujan memiliki siklus satu tahunan (AO), selain itu wilayah Bandung juga dipengaruhi efek lokal seperti ditunjukkan spektral power pada periode kurang dari 6 bulan (SAO). Sediyono dkk. (2009) melaporkan bahwa pada musim penghujan bulan Desember 2000 dan Januari 2001 terdapat deret hari kering sekitar 10 hari di Jawa Barat, yang diperkirakan disebabkan oleh MJO. Pada Gambar 4 d), dari rata-rata spektral power wavelet pada tahun 2001 memang curah hujan di wilayah Bandung relatif rendah bila dibandingkan rata-rata pada tahun sebelum dan sesudahnya, hal ini kemungkinan mengindikasikan adanya pengaruh osilasi MJO, dimana pada tahun tersebut MJO tidak aktif/lemah.



Gambar 4. a) Indeks curah hujan, b) spektral wavelet, c) Spektral Fourier, d) rata-rata power dari (b) untuk periode 0,5 hingga 4 tahun berdasarkan data curah hujan Bandung tahun 1971-2013.



Gambar 5. Sama dengan Gambar 4 untuk suhu.

Spektral power global menegaskan bahwa dominasi siklus satu tahunan (AO) sangat kuat disamping siklus 6 bulanan (SAO) yang juga berpengaruh. Namun demikian tidak jelas adanya pengaruh ENSO yang biasanya dicirikan oleh siklus atau osilasi 4 tahunan. Hasil ini dengan jelas mengindikasikan bahwa monsun dan efek lokal berperanan kuat terhadap intensitas curah hujan di wilayah Bandung. Rata-rata 0,5 hingga 4 tahunan mengindikasikan rentang waktu dimana akumulasi curah hujan tinggi dan rentang waktu akumulasi curah hujan rendah. Hasil yang menarik adalah rendahnya nilai rata-rata curah hujan bulanan pada tahun 1975, 1985, 1995 dan tahun 2000. Periode 1975-1980 mengindikasikan total akumulasi curah hujan wilayah Bandung relatif rendah di bandingkan interval periode yang lain. Periode ini kemungkinan pengaruh fenomena global dengan aktifnya pengaruh El Nino yang didukung pengaruh lokal wilayah tersebut. Meskipun demikian, karena kuatnya pengaruh lokal sehingga pengaruh El Nino tidak tampak pada power spektral wavelet yaitu periode 4 tahunan. Hal ini sesuai dengan penelitian Tjasyono, (1997) dimana pengaruh El Nino tidak jelas pada wilayah dengan pola hujan lokal, meskipun wilayah Bandung berpola AO tetapi peran lokal dominan.

SAO merupakan fenomena osilasi atmosfer musiman yang mempunyai periode osilasi 91-180 harian atau osilasi 6 bulanan. Osilasi ini teridentifikasi pada spektral power global data curah hujan Gambar 4 c) dan juga menjadi osilasi yang dominan pada periodisitas suhu di wilayah Bandung (Gambar 5 c). AO merupakan fenomena osilasi atmosfer tahunan yang mempunyai periode osilasi 181-360 harian atau osilasi 1 tahunan. Berdasakan spektral power pada Gambar 4 b, c, dan d terlihat osilasi satu tahunan dari periodisitas curah hujan sangat dominan. QBO berosilasi dalam jangka waktu yang bervariasi sekitar 24 bulan hingga 30 bulan. Periode osilasi tercepat adalah 20 bulan dan paling lambat adalah 36 bulan, sedangkan periode rata-rata adalah 28 bulan. Osilasi QBO tidak teridentifikasi pada periodisitas curah hujan dan suhu di wilayah Bandung.

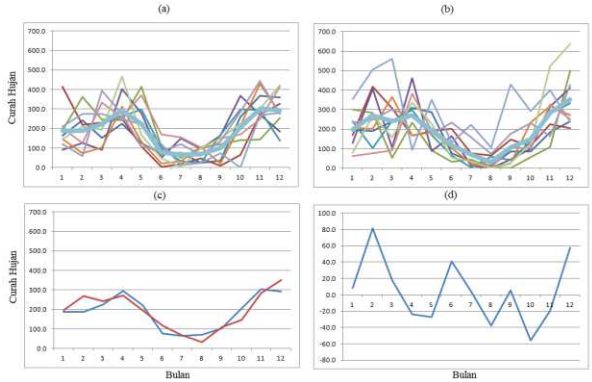
Osilasi 64 bulan berhubungan erat dengan fenomana El Niño (kondisi hangat) dan La Niña (kondisi dingin) di Pasifik yang berosilasi 2-7 tahun dan dikenal dengan siklus ENSO (Peel dkk.,2002: Torrence dan Compo, 1998). Dua El Niño terbesar pada abad ini 1982/1983 dan 1997/1998 diperparah oleh suhu muka laut di Samudera Hindia yang dingin di sebelah timur dan panas di bagian barat, yang disebut *Indian Ocean Dipole Mode* (IODM) positif. Bila dilihat pada spektral wavelet dan rata-rata power spektral, fenomena El Nino ini tidak dominan berpengaruh terhadap curah hujan dan suhu di wilayah Bandung. Wilayah Bandung mengalami beberapa kali musim kering kritis berdasarkan rekaman data di Stasiun Geofisika Bandung, yaitu pada bulan Agustus tahun 1991, 1995, 2006 dan 2007 tidak mencatat adanya hujan, kejadian ini justru pada tahun-tahun yang bukan terindikasi EL Nino.

Fenomena periodik atmosfer atau osilasi atmosfer merupakan gejala atmosfer yang terjadi karena perbedaan distribusi energi matahari yang diterima oleh permukaan bumi. Secara ringkas osilasi atmosfer dapat dibedakan menjadi osilasi intra/sub musiman atau *inter seasonal oscillation/Madden Julian Oscillatio*n (ISO/MJO)

yang merupakan osilasi sub musiman, *southern annual oscillation* (SAO) yang merupakan osilasi atmosfer osilasi setengah tahunan atau (monsunal), *annual oscillation* (AO) yang memiliki periode osilasi satu tahunan, *Quasi Biennial Oscilation* (QBO) dan fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) dengan periode osilasi 2 hingga 7 tahunan.

Berdasarkan hasil analisis tersebut mengindikasikan bahwa osilasi yang terjadi di wilayah Bandung cenderung SAO dan AO, dan tidak mengindikasikan peran kuat ENSO. Pengaruh letak topografi dan letak geografi suatu wilayah dapat menjadi penyebab utama terjadinya cuaca yang berubah dalam pola skala luas dari suatu sistem iklim, khususnya pada wilayah kepulauan dengan deretan pegunungan yang tinggi. Menurut penelitian Winarso dan Mc Bride, (2002), bahwa pengaruh topografi dapat juga menyebabkan terjadinya variasi hujan pada suatu kawasan, khususnya antara satu sisi suatu pegunungan dengan sisi lainnya.

Pada Gambar 6 ditunjukkan plot rata-rata curah hujan pada dekade awal dan akhir dari rekaman data sejak 1971 hingga 2013, dari Gambar tersebut mengindikasikan bahwa pola curah hujan tidak berbeda jauh antara dekade awal dan dekade akhir.

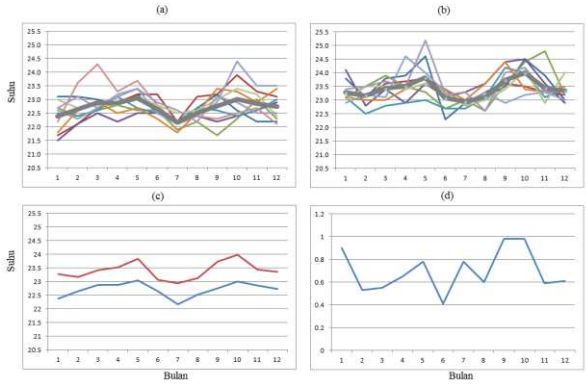


Gambar 6. (a) Plot curah hujan pada dekade awal (1971-1980); (b) sama dengan (a) pada dekade akhir (2005-2013); (c) plot rata-rata curah hujan dekade awal (biru), dekade akhir (merah) dan (d) selisih rata-rata suhu dekade akhir dan dekade awal. Garis biru tebal pada (a) dan (b) adalah grafik nilai rata-rata 10 tahun.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa pola curah hujan siklus tahunan cenderung stabil, perubahan kecil kemungkinan disebabkan oleh gangguan lokal akibat pengaruh topografi. Adanya pengaruh kondisi lokal seperti topografi tidak bisa diabaikan karena merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi tingkat variabilitas hujan pada skala mikro (Haylock dan McBride, 2001; Aldrian dan Djamil, 2008).

Gambar 7 sama dengan Gambar 6 tetapi untuk suhu hasil pengolahan data suhu dari pengamatan di stasiun Geofisika Bandung. Berbeda dengan pola spektral power wavelet dari data curah hujan, pola untuk suhu mengindikasikan siklus 6 bulanan yang sangat kuat (SAO). Berdasarkan spektral wavelet terlihat bahwa variabilitas dominan suhu sangat dipengaruhi efek lokal. Power spektral global menegaskan bahwa dominasi siklus 6 bulanan dan pengaruh lokal atau periode pendek. Hal ini dengan jelas mengindikasikan bahwa monsun dan efek lokal berperan kuat terhadap dinamika intensitas suhu di Bandung. Rata-rata power spektral pada rentang 0,5 hingga 4 tahunan mengindikasikan rentang waktu dimana akumulasi suhu tinggi dan rentang waktu akumulasi suhu rendah. Periode 2000-2005 mengindikasikan total akumulasi suhu yang cenderung menurun tetapi curah hujan cenderung meningkat di wilayah Bandung. Periode ini kemungkinan terkait dengan aktifnya pengaruh global yang didukung pengaruh lokal wilayah tersebut.

Pada Gambar 7 ditunjukkan plot suhu sama dengan Gambar (6), berdasarkan Gambar 7 mengindikasikan adanya perubahan dimana pada dekade akhir suhu cenderung lebih tinggi daripada suhu dekade awal. Kenaikan suhu ini kemungkinan akibat pemanasan global terkait perubahan iklim. Kenaikan suhu kemungkinan juga akibat perubahan tata guna dan fungsi lahan. Perubahan fungsi lahan dari lahan pertanian menjadi kawasan industri atau perumahan berkontribusi terhadap laju kenaikan suhu di wilayah Bandung. Hal menarik dari plot curah hujan dan suhu pada dekade awal dan dekade akhir adalah adanya perbedaan antara pola perubahan curah hujan dan pola perubahan suhu, pola curah hujan cenderung stabil tetapi pola suhu cenderung ada pergeseran peningkatan suhu rata-rata sebesar 0,69ºC. Pola curah hujan yang stabil tetapi memiliki peningkatan intensitas yang masif, dimana peningkatan intensitas terbesar terjadi pada bulan Pebruari dan terjadi penurunan intensitas pada bulan Agustus dan Oktober.



Gambar 7. Sama dengan Gambar 6 untuk suhu. Garis abu-abu tebal pada (a) dan (b) adalah grafik nilai rata-rata 10 tahun.

Kesimpulan

Dari pengolahan dan analisis data curah hujan dan suhu rata-rata bulanan dari tahun 1971 hingga 2013 di Stageof Bandung dengan menggunakan metode *wavelet* dapat disimpulkan bahwa : Pada tahun 2001 terdapat deret hari kering di Jawa Barat, yang diperkirakan disebabkan pengaruh MJO dimana pada tahun tersebut MJO tidak aktif/lemah. Berdasarkan spektral power wavelet pada tahun 2001 teridentifikasi curah hujan di wilayah Bandung rendah, hal ini kemungkinan mengindikasikan adanya pengaruh MJO. Berdasarkan power spektral wavelet dan rata-rata power spektral 0,5 hingga 4 tahun, fenomena ENSO ini tidak dominan berpengaruh terhadap curah hujan dan suhu di wilayah Bandung, tetapi osilasi dominan yang terjadi di wilayah Bandung adalah SAO (monsunal) dan AO.

Pengaruh fenomena global ENSO tidak teridentifikasi dari power spektral wavelet akibat kuatnya SAO, AO dan pengaruh lokal. Berdasarkan pola curah hujan dan suhu pada dekade awal (1971-1980) dan dekade akhir (2004-2013) mengindikasikan bahwa pola curah hujan stabil, tetapi pola suhu cenderung mengalami pergeseran peningkatan suhu rata-rata sebesar 0,69ºC.

Ucapan Terima Kasih

Kepada Kepala Stasiun Geofisika Klas I Bandung, Bapak Tony Agus Wijaya dan Kepala Seksi Data dan Informasi, Bapak Rasmid atas penggunaan data suhu dan data curah hujan.

Daftar Pustaka

Daubechies, I.1990. The wavelet transform time-frequency localization and signal analysis. *IEEE Trans. Inform. Theory*, 36**:**961–1004.

Geerts B., and M. Wheeler.1998. *The Madden Julian Oscillation*, *(http://www-das.uwyo.edu/ ~geerts/cwx/notes/chap12/mjo.html.)*

Gu, D., dan Philander, S. G. H. 1995. Secular changes of annual and interannual variability in the Tropics during the past century. *J. Climate*, 8:864-876.

Gunawan,D.2006. *Atmospheric Variabilty in Sulawesi, Indonesia - Regional Atmospheric Model Results and Observations*. Disertasi. Universitas Gottingen.

Haylock, M., dan McBride, J. 2001. Spatial coherence and predictability of Indonesian wet season rainfall. *J. Climate*, 14**:**3882–3887.

Hendon H. 2003. Indonesian Rainfall Variability : Impacts of ENSO and Local Air-Sea Interaction. *Journal of Climate*,16:1775 – 1790.

Madden R.A. dan Julian, P.R. 1971. Description of a 40-50 day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific, *J. Atmos.Sci*, 28:702-708.

Mukarami, Takio., dan Zadrach L. Dupe. 2000. Interannual Variability of Convective Intensity Index Over Indonesia and Its Relationship with Enso. *J. Meteorologi dan Geofisika*, 1 (4):1-23.

Mulyana. 1986. *Pengkajian Sifat Hujan di Ketapang (Lampung Utara) Suatu Pembahasan dengan Analisis Spektral*. Tesis Magister Sains. Jurusan Statistika FPS-IPB,Bogor.

Pabón J.D.,dan Delgado, J.D. 2008. *Intraseasonal Variability of Rainfall over Northen South America and Caribbean Region*, Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, 7.

Peel M.C., McMahon, T.A., dan Finlayson B.L 2002. Variability of Annual Precipitation and Its Relationship to El Niño-Southern Oscillation. *J. of Climate*, 15 (6):545-551.

Ropelewski, C. F., dan Halpert, M. S. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Nin˜o/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev*, 115**:** 1606–1626.

Sediyono, E., Y.Nataliani., dan Rorimpandey, C.M. 2009. Klasifikasi Sidik Jari dengan Menggunakan metoda Wavelet Symlet. *Jurnal Informatika*, 5(2).

Suryantoro, A. 2004. Fenomena MJO/ISO dan Hubungannya dengan Pola Aktivitas Awan Konvektif dan Curah Hujan di Lampung, Sumatera Selatan dan Aceh. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 5(4):30-45. BMG, Jakarta

Torrence, C., dan Compo, G.P. 1998. A Practical Guide to Wavelet Analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79:61-78.

Tjasyono B.1997. Mekanisme fisis para, selama, dan pasca El Niño. *Workshop Kelompok Peneliti Dinamika Atmosfer* :13-14.

Weng, H., dan Lau, K.M. 1994. Wavelets, period doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over the tropical western Pacific. *J. Atmos. Sci*, 51**:**2523–2541.

Wang, B. 1995. Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades. *J. Climate*, 8:267–285.

Wang., dan Wang, Y.1996. Temporal structure of the Southern Oscillation as revealed by waveform and wavelet analysis. *J. Climat*e, 9**:**1586–1598.

Winarso, PA., dan McBride, J.2002. Iklim. *Dalam*: Partridge IJ dan Ma'shum M, editor. *Kapan Hujan Turun? Dampak Osilasi Selatan dan El Nino di Indonesia*. Queensland: Department of Primary Industries: 1-11.