

HUBUNGAN KEJADIAN SIMULTAN *EL NIÑO* DAN *INDIAN OCEAN DIPOLE (IOD)* TERHADAP VARIASI SERTA ESTIMASI SUHU VIRTUAL

Mufridatur Rohmah¹, Ahmad Bey¹, dan Eddy Hermawan²

¹Institut Pertanian Bogor

²Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN

Pos-el : mufrida.gfm@gmail.com

Abstract

El Niño and Indian Ocean Dipole (IOD) occurred simultaneously in 1997 are suspected to cause a significant decline of virtual temperature in Ahmad Yani Semarang and Perak I Surabaya. Trend analysis showed an increase of Niño 3.4 index and IOD during the period had been, subsequently, followed by a decrease of virtual temperature. Power Spectral Density analysis indicated dominant 5 and 3 years oscillations of El Niño and IOD, respectively. Multivariate regression analysis based on least squares method is conducted to develop an equation which, specifically, establishes the form of the relationships between Niño 3.4, IOD indices, and a linear combinations of the indices with virtual temperatures. ARIMA techniques initially developed by Box and Jenkins are utilized to attempt at developing virtual temperature prediction equations. Both ARIMA and Holt-Winters models perform well in two location, either one may be used in this study since the residual errors between the two models are relatively small and insignificant.

Keyword : Virtual temperature, wavelet, El Niño, IOD, drought

Abstrak

Kejadian *El Niño* dan IOD yang terjadi secara simultan pada tahun 1997 menyebabkan penurunan suhu virtual di Ahmad Yani Semarang dan Perak I Surabaya. Hasil rata-rata varians menunjukkan kenaikan index Niño 3.4 dan IOD diikuti oleh penurunan suhu virtual di kedua lokasi. Periodesitas kejadian *El Niño* dan IOD yang ditunjukkan oleh *Power Spectral Density* adalah 5 dan 3 tahunan. Besarnya suhu virtual dipengaruhi oleh indeks Niño 3.4, indeks IOD, serta Niño 3.4+IOD sehingga diperlukan analisis regresi multivariat sebelum dilakukan prediksi. Metode Box-Jenkins ARIMA digunakan untuk prediksi data deret waktu suhu virtual. Keduanya dapat digunakan untuk peramalan suhu virtual di dua lokasi dengan nilai *error* berbeda-beda.

Kata kunci: Suhu virtual, wavelet, *El Niño*, IOD, Kekeringan

1. PENDAHULUAN

Letak Indonesia yang strategis yaitu di antara Samudera Pasifik dan Hindia menyebabkan Indonesia memiliki iklim yang unik. Pada kedua samudera tersebut terdapat kejadian global yaitu *El Niño* (Pasifik) dan *Indian Ocean Dipole (IOD)* (Hindia). IOD dan *El Niño* terjadi secara bebas, tidak saling mengikat.¹ Namun jika keduanya terjadi secara bersamaan akan berdampak pada curah hujan di Indonesia. Pada tahun 1997 saat keduanya pada fase positif menyebabkan penurunan curah hujan sekitar 33% pada musim kemarau dibandingkan rata-rata curah hujan selama 30 tahun terakhir.² Kekeringan dapat berdampak sangat luas, dan bersifat lintas sektor khususnya pertanian. Perubahan curah hujan di Indonesia akan berdampak pada perubahan periode masa tanam (*growing*

season), tipe tanam, dan awal tanam. Uap air merupakan unsur penting di atmosfer. Suhu virtual (T_v) merupakan salah satu cara untuk menyatakan kandungan uap air. Menurut Purwaningtyas³, wilayah yang mendapat pengaruh kuat keduanya adalah wilayah Jawa dan sebagian Kalimantan. Perak I Surabaya dan Ahmad Yani Semarang dipilih sebagai lokasi penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola suhu virtual di Perak I Surabaya, Ahmad Yani Semarang saat kejadian IOD dan *El Niño* terjadi secara bersamaan, serta membandingkan model ARIMA dan Holt-Winters untuk peramalan suhu virtual. Manfaat penelitian ini adalah untuk memprediksi kekeringan panjang dari data suhu virtual yang disebabkan oleh kejadian simultan *El Niño* dan IOD.

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Indeks Niño 3.4, IOD bulanan dan mingguan periode 1990–2010 dari (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices>)⁴ dan (<http://www.bom.gov.au/climate/enso/iod>)⁵. Data curah hujan bulanan satelit *Climate Research Unit* (CRU) periode September – Oktober 1997 diperoleh dari (<http://badc.nerc.ac.uk/>).⁶ Data harian dari suhu rata-rata, kelembapan udara (RH) periode 1990-2010 di Stasiun Perak I Surabaya dan Ahmad Yani Semarang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

Metodologi penelitian terdiri dari lima tahap yaitu analisis kandungan uap air (T_v), analisis spektral, analisis spasial CH Indonesia (SON 1997), analisis regresi linear berganda (*multivariate*), serta prediksi menggunakan metode Box-Jenkins dan Holt-Winters.

Suhu virtual adalah suhu yang digunakan untuk menyatakan kandungan uap air dimana parsel udara kering memiliki densitas yang sama dengan udara lembap pada tekanan tertentu. Udara lembap lebih ringan dibandingkan udara kering sehingga suhu virtual selalu lebih tinggi dibandingkan suhu aktual.⁷ Rumus yang diperlukan untuk mendapatkan nilai T_v adalah⁸

$$e_s = 6.11 \times 10^{\frac{7.5T}{273+T}} \quad (1)$$

$$RH = \frac{e_a}{e_s} \times 100 \quad (\text{mencari nilai } e_a) \quad (2)$$

$$w = 0.622 \frac{e}{P-e} \quad (\text{e sangat kecil dibandingkan tekanan udara, maka}) \quad (3)$$

$$w = 0.622 \frac{e}{P} \quad (4)$$

Suhu virtual dapat diperoleh dari rumus:

$$T_v = T(1 + 0.61 w) \quad (5)$$

dengan :

T_v : suhu virtual ($^{\circ}\text{C}$); T : suhu udara ($^{\circ}\text{C}$), w : *mixing ratio* (g/kg)

RH : kelembapan relatif (%)

e_a : tekanan uap aktual atau kelembapan aktual (mb)

e_s : tekanan uap air jenuh atau kapasitas udara untuk menampung uap air (mb)

P : tekanan udara

Cara menganalisis data deret waktu adalah menguraikan data tersebut menjadi himpunan gelombang sinus pada frekuensi yang berbeda-beda.⁹ Analisis spektral yang digunakan adalah teknik *Fast Fourier Transform* (FFT) dan transformasi *wavelet*.¹⁰ Menurut Clayton¹¹, analisis spektral digunakan untuk mengetahui periodisitas berulangnya suatu fenomena cuaca dengan metode FFT. Metode transformasi *wavelet* dapat digunakan untuk menganalisis sinyal dan data

sehingga dapat diketahui tipe osilasi dominan dan karakteristik temporal dari masing-masing data.

Analisis regresi linear berganda adalah analisis regresi yang terdapat dua atau lebih variabel bebas. Bentuk umum dari regresi berganda adalah⁹:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n + e \quad (6)$$

dengan

- Y = variabel terikat ;
- b₀ = konstanta ;
- b₁, b₂ = koefisien regresi ;
- X₁, X₂ = variabel bebas

Analisis regresi berganda dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan model prediksi suhu virtual (Y) dari tiga variabel bebas yaitu indeks niño 3.4 (X₁), indeks IOD (X₂), dan jumlah dari kedua indeks (X₃). Nilai suhu virtual hasil persamaan regresi berganda (T_v') akan digunakan untuk prediksi, artinya nilai T_v' merupakan nilai suhu virtual yang dipengaruhi oleh faktor *El Niño* dan IOD.

Ada beberapa tahapan untuk membuat model ARIMA.¹² Tahap pertama adalah identifikasi model stasioner atau tidak. Jika non-stasioner, maka harus dilakukan teknik pembeda (*differencing*). Plot data menjadi fungsi autokorelasi (ACF) dan fungsi autokorelasi parsial (PACF). Hasil dari plot ACF dan PACF akan menghasilkan nilai *p, d, q*. Nilai *p* merupakan ordo dari proses AR sedang nilai *q* merupakan ordo dari proses MA. Nilai-nilai tersebut dapat diidentifikasi berdasarkan signifikan lag (*lead time*). Nilai *d* diperoleh dari nilai *differencing*. Tahap kedua adalah penaksiran parameter dengan cara coba-coba dan perbaikan secara intensif.⁹ Tahap terakhir adalah peramalan dengan model ARIMA. Ada tiga model, yaitu: model *Autoregressive* (AR), *Moving Average* (MA), dan model campuran ARIMA (*Autoregressive Moving Average*) yang mempunyai karakteristik dari dua model pertama.

Persamaan umum ARIMA(p,d,q) :

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B) \alpha_t \quad (7)$$

dengan :

$$\text{AR: } \phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \quad (8)$$

$$\text{MA: } \theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q \quad (9)$$

dan $(1-B)^d Z_t$ adalah pembeda atau *differencing*.

Setelah peramalan, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan persamaan :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |re_t(1)| \quad (10)$$

dengan $re_t(1)$ adalah *relative forecast error*. Persamaannya adalah

$$re_t(1) = \frac{x_t - f_t}{x_t} 100 \quad (11)$$

dengan x_t adalah data aktual pada waktu ke- t , n adalah jumlah data yang diramal dan f_t adalah data hasil ramalan pada waktu ke- t . Semakin kecil nilai MAPE maka menunjukkan bahwa data hasil ramalan mendekati aktual.

Exponential Smoothing merupakan teknik perbaikan terus-menerus atau pemulusan eksponensial pada data masa lalu (sebelumnya). Model Holt-Winters digunakan untuk memodelkan data dengan tipe musiman, baik mengandung tren maupun tidak. Titik berat metode ini adalah pada nilai ramalan/tren (α), kemiringan slope (β), maupun efek musiman (γ). Tren adalah komponen data deret waktu yang menunjukkan peningkatan atau penurunan tipe data dalam waktu yang cukup lama selama periode waktu pengamatan. Unsur variasi musiman adalah fluktuasi data berulang setiap hari, minggu atau bulan karena faktor tertentu misalnya cuaca.¹³ Ada dua jenis model Holt-Winters yaitu *additive seasonals* dan *multiplicative seasonals*.¹⁴ *Additive seasonals* diterapkan ketika data time series mengandung unsur musiman (*seasonal*). Metode ini didasarkan pada siklus tren dan musiman. *Multiplicative seasonals* merupakan metode musiman sama seperti *additive* namun komponen-komponen *time series* didasarkan pada hasil kali dari tren dan musiman sehingga data yang dihasilkan lebih aktif. Persamaan dasarnya adalah⁷

$$a_t = \alpha \frac{x_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(a_{t-1} - b_{t-1}) \quad (12)$$

$$b_t = \beta \frac{a_t}{a_{t-1}} + (1 - \beta)(b_{t-1}) \quad (13)$$

$$S_t = \gamma \frac{x_t}{a_t} + (1 - \gamma)(S_{t-s}) \quad (14)$$

$$F_{t+m} = (a_t + b_t m)(S_{t-s+m}) \quad (15)$$

dengan

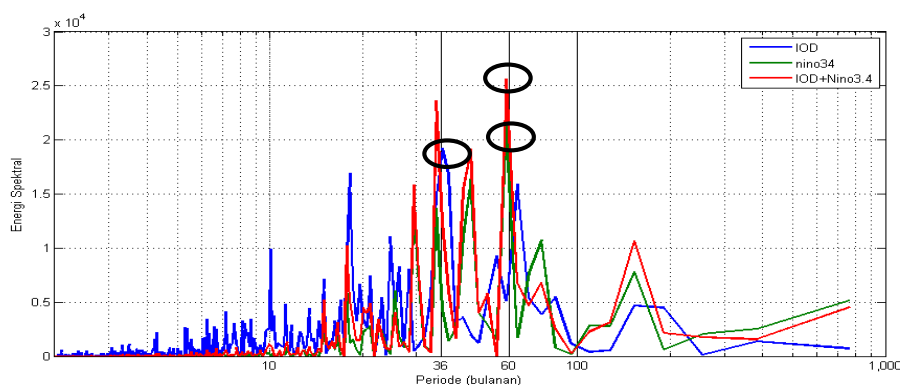
- x_t : waktu;
- a_t : tren (nilai pemulusan keseluruhan);
- b_t : *slope*;
- S : panjang musiman;
- F_{t+m} : peramalan untuk m periode berikutnya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

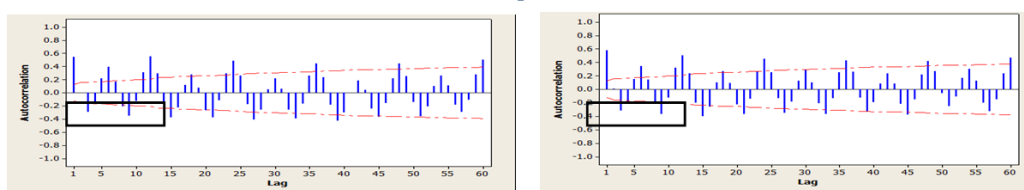
Fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) terjadi di Samudera Hindia yang terletak di bagian barat Pulau Sumatera (90° BT- 110° BT dan 10° LS-ekuator) dan bagian timur Benua Afrika (50° BT- 70° BT dan 10° LS- 10° LU). Menurut Saji dkk.¹⁵ untuk menganalisis kejadian IOD, terdapat suatu indeks yaitu selisih dari anomali Suhu Permukaan Laut (SPL) samudera Hindia bagian barat dan bagian timur. Pada fase IOD positif pusat tekanan rendah terjadi di pantai timur Afrika sehingga daerah konveksi akan bergerak menjauhi Indonesia dan menyebabkan berkurangnya curah hujan di Indonesia. Fase IOD negatif terjadi sebaliknya.

El Niño merupakan fenomena penyimpangan suhu permukaan laut yang ditandai dengan meningkatnya SPL di Samudra Pasifik bagian tengah dan timur (sekitar pantai Peru). Menurut

Trenberth (1997), El Niño dibagi menjadi 4 wilayah kejadian yaitu Niño1 (80°–90°W dan 5°–10°S), Niño2 (80°–90°W dan 0°–5°S), Niño3 (90°–150°W dan 5°N–5°S), Niño4 (150°W–160°E dan 5°N–5°S), Niño3.4 (120°W–170°W dan 5°N–5°S). Pada kondisi normal pusat konveksi berada di bagian barat Samudera Pasifik namun saat terjadi El Niño pusat konveksi bergeser ke bagian tengah dan timur Samudera Pasifik. Pergeseran pusat konveksi ini mengakibatkan menurunnya curah hujan di Indonesia sehingga terjadi kekeringan seperti pada tahun 1997.



Gambar 10. Power Spectral Density (PSD) dari Niño 3.4, IOD, Niño 3.4+IOD



Gambar 11. Autocorelation Function suhu virtual di Perak I Surabaya dan Ahmad Yani Semarang

Indeks yang digunakan dalam penenilitan ini terdiri dari tiga indeks yaitu indek niño 3.4, indeks IOD, dan niño 3.4+IOD. Indeks ketiga digunakan untuk mengetahui berapa besar pengaruhnya terhadap fluktuasi suhu virtual ketika kekuatan kedua indeks ditambah. Berdasarkan ketiga indeks ini dapat diketahui indeks mana yang berkontribusi paling besar terhadap fluktuasi suhu virtual.

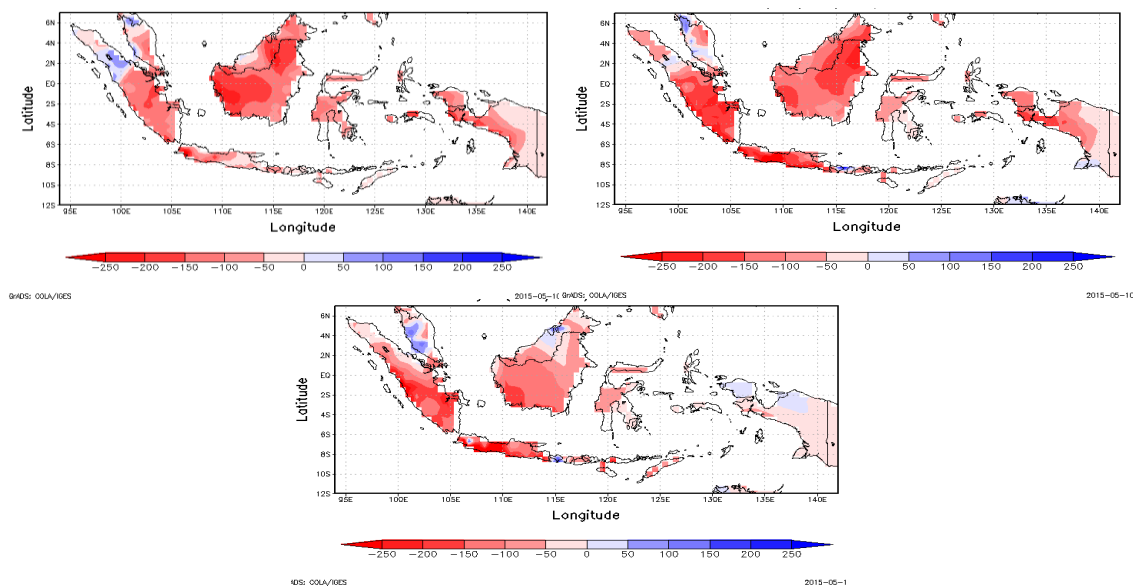
Power Spectral Density (PSD) adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui periodesitas dari suatu data deret waktu. Menurut Behera dan Yamagata¹⁶, periodisitas dari kejadian *El Niño* adalah 3-7 tahun. Menurut Hermawan dan Lestari¹⁷, osilasi IOD sekitar 18-36 bulanan. Gambar 1 menunjukkan bahwa periodesitas dari kejadian *El Niño* adalah 60 bulanan (5 tahunan) sedangkan untuk kejadian IOD sekitar 36 bulanan (3 tahunan). Artinya kejadian *El Niño* kuat akan berulang dalam selang waktu lima tahunan dan kejadian IOD akan berulang dalam waktu tiga tahunan. Energi spektral dari niño 3.4 sebesar $2,2 \times 10^4$, indeks IOD sebesar $1,9 \times 10^4$, energi spektral pada niño 3.4+IOD lebih kuat dibandingkan indeks yang lain yaitu sebesar $2,6 \times 10^4$. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ketika kedua indeks dijumlahkan maka kekuatannya akan semakin besar sehingga akan memberikan dampak kekeringan yang lebih parah dibandingkan dampak dari kejadian *El Niño* dan IOD yang terjadi secara terpisah.

Berdasarkan informasi periodisitas tersebut maka dapat dilakukan prediksi kapan kejadian *El Niño* dan IOD terjadi secara bersamaan yang akan mempengaruhi besarnya suhu virtual. Menurut Ashok dkk.¹⁸, sebesar 35% kejadian IOD memiliki fase yang sama dengan kejadian

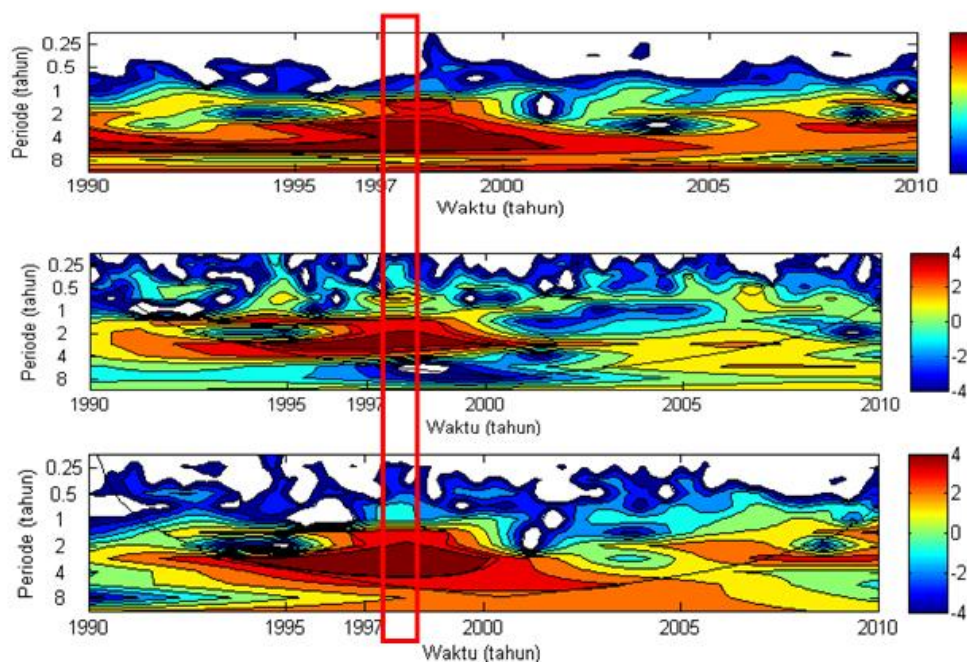
El Niño. Kejadian IOD positif dan *El Niño* terjadi secara bersamaan pada tahun 1997. Kondisi IOD positif dan *El Niño* yang terjadi secara bersamaan mengakibatkan penurunan curah hujan Indonesia hingga 200 mm/bulan karena perairan Indonesia mengalami pendinginan secara menyeluruh sedangkan wilayah Samudera Hindia-Pasifik mengalami penghangatan dan menyebabkan angin bergerak menuju Samudera Hindia-Pasifik.¹⁹

Suhu virtual digunakan untuk menyatakan kandungan uap air. Semakin banyak uap air yang ada di atmosfer maka suhu virtual akan semakin tinggi, dan sebaliknya. Berdasarkan nilai ACF maksimum (Gambar 2) diketahui bahwa nilai korelasi diri dari suhu virtual Perak I Surabaya akan berulang pada *lag* nyata 12, artinya periodisitas dari suhu virtual adalah satu tahun. Nilai ACF maksimum suhu virtual di Ahmad Yani Semarang juga berulang pada *lag* nyata 12. Periodisitas suhu virtual satu tahunan disebabkan oleh insolasi matahari terhadap bumi. Penerimaan radiasi surya di permukaan bumi sangat bervariasi menurut tempat dan waktu. Wilayah kajian berada di sebelah selatan ekuator sehingga osilasi dari suhu adalah satu tahun.

Menurut Purwaningtyas³, koefisien korelasi antara kejadian *El Niño* dan IOD terbesar terjadi pada bulan September, Oktober, November (SON) sebesar 0,466. Korelasi yang kuat tersebut menandakan bahwa keduanya saling berinteraksi.²⁰ Pada tahun 1997 Indonesia mengalami kekeringan panjang. Puncak kekeringan terjadi pada bulan September hingga November.²¹ Berdasarkan Gambar 3, pada bulan SON terlihat bahwa anomali curah hujan negatif di hampir seluruh wilayah Indonesia, artinya jumlah curah hujan pada saat itu di bawah rata-rata (kering). Warna merah menunjukkan semakin kering sedangkan warna biru menunjukkan semakin basah. Curah hujan di Pulau Jawa pada SON 1997, khususnya daerah Semarang dan Surabaya, mengalami penurunan dari -50 hingga -150 mm. Wilayah tersebut dipilih menjadi lokasi penelitian untuk melihat keragaman suhu virtual saat kejadian *El Niño* dan IOD terjadi secara bersamaan. Anomali pada bulan Oktober lebih kering dibandingkan September dan November.



Gambar 12. Anomali curah hujan di Indonesia pada bulan September, Oktober, November

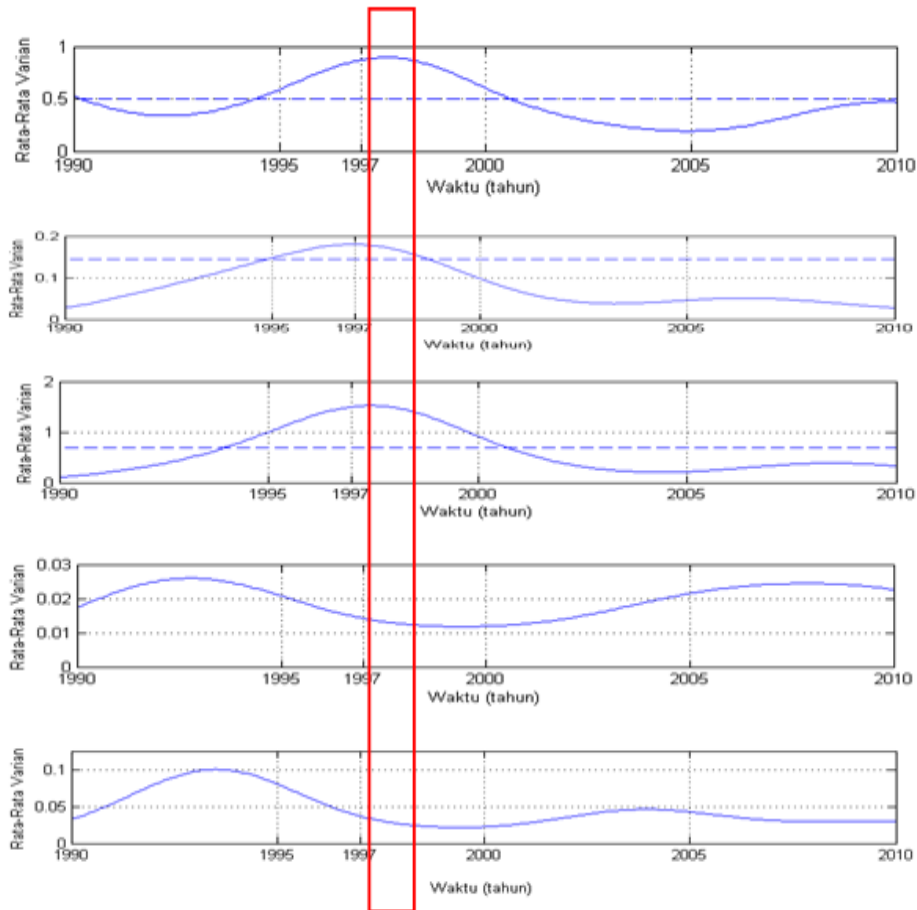


Gambar 13 Wavelet Niño 3.4 (a), IOD (b), Niño 3.4+IOD (c)

Analisis spektral yang digunakan untuk memperjelas osilasi dari kedua fenomena adalah analisis *wavelet*. Kekuatan dari *wavelet* ditunjukkan dengan warna biru hingga merah. Merah menunjukkan pada tahun tersebut terjadi fenomena *El Niño* dan IOD yang kuat. Hasil *wavelet* kejadian *El Niño* (Gambar 4a) warna merah dominan pada periode 5 tahunan dan terjadi paling kuat pada tahun 1997, pada kejadian IOD (Gambar 4b) warna merah dominan pada periode 3 tahunan di tahun 1996-1998, dan ketika *El Niño* +IOD (Gambar 4c) warna merah cenderung dominan pada tahun 1996-1998 sekitar 3-5 tahunan. Analisis spektral tersebut menunjukkan pada tahun 1997 khususnya bulan Oktober kejadian *El Niño* dan IOD terjadi secara bersamaan. Rata-rata varians juga menunjukkan nilai rata-rata dari sebaran deret waktu yang dapat menunjukkan data yang menyimpang dari kondisi normalnya (ekstrem). Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa *El Niño*, IOD, *El Niño* +IOD memiliki pola rata-rata varians yang sama yaitu naik pada tahun 1996 hingga 1998, puncaknya terjadi pada tahun 1997 tepatnya pada bulan Oktober saat indeks niño 3.4 sebesar 2,6 dan IOD pada indeks 2,4. Rata-rata varians suhu virtual di Perak, Ahmad Yani (Gambar 5d dan 5e) berbanding terbalik dengan kedua indeks. Hal tersebut menunjukkan bahwa suhu virtual di Surabaya dan Semarang dipengaruhi oleh kejadian *El Niño* dan IOD. Fenomena IOD positif dan *El Niño* akan menyebabkan bergesernya sistem sirkulasi zonal menuju Samudera Hindia bagian barat dan Samudera Pasifik bagian tengah dan timur yang membawa uap air yang ada di Indonesia sehingga mengurangi kandungan uap air. Proses dinamika aliran massa uap air ini mengalami anomali mengakibatkan penurunan curah hujan.

Asumsi yang dibuat adalah besarnya suhu virtual dipengaruhi oleh kejadian *El Niño* dan IOD. Suhu virtual = f (El Niño, IOD). Hasil dari asumsi tersebut diperoleh persamaan regresi berganda (Tabel 1) suhu virtual dari masing-masing lokasi. *Independent* variabel berupa indeks nino 3.4 (X_1), indeks IOD (X_2), dan jumlah kedua indeks (X_3) yang artinya kekuatan keduanya ditambahkan. Indeks *El Niño* yang dipilih adalah SPL di zona Nino 3.4 karena anomali positif mengindikasikan terjadinya *El Niño* dan kenaikan anomali SST Nino 3.4 diikuti dengan melemahnya angin pasat (*trade winds*) yang mengakibatkan pergeseran daerah konveksi pembentukan awan-awan hujan.²²

Nilai suhu virtual dari hasil persamaan *multivariate* ini digunakan untuk peramalan. Data yang digunakan dalam membuat model adalah 1096 minggu dari tanggal 3 Januari 1990 hingga 29 Desember 2010. Berdasarkan Tabel 1, suhu virtual di Perak I Surabaya lebih dipengaruhi oleh kejadian *El Niño* karena *El Niño* lebih berpengaruh pada wilayah timur Indonesia.³ Persamaan multivariat suhu virtual Ahmad Yani Semarang menunjukkan pengaruh IOD lebih besar jika dibandingkan *El Niño*.



Gambar 14. Rata-rata varians El Niño (a), IOD (b), IOD+El Niño (c), Suhu Virtual Perak (d), Suhu Virtual Ahmad Yani (e)

Tabel 1 Kaitan Interaksi antara suhu virtual mingguan (Y) dengan indeks El Niño (X1), IOD (X2), El Niño +IOD (X3) periode 1990 – 2010

Lokasi	Persamaan Regresi Berganda
Perak I Surabaya	$Y=23.0134 + 2.0262 X_1 + 0.0296 X_2 + 0.2858 X_3$
Ahmad Yani Semarang	$Y=26.8237 + 0.104 X_1 + 0.4961 X_2 + 0.3164 X_3$

Model Prediksi Box-Jenkins ARIMA dan Holt Winters

Plot ACF dan PACF suhu virtual di Perak I dan Ahmad Yani Surabaya menunjukkan bahwa data tidak stasioner sehingga harus dilakukan *differencing* dua kali. Plot ACF dan PACF suhu virtual di Perak I Surabaya setelah mengalami pembeda menunjukkan bahwa nilai ACF yang

nyata pada *lag* pertama dan *cut off* sedangkan plot PACF menurun secara eksponensial, sehingga model sementara adalah MA(1) atau ARIMA(0,2,1). Plot ACF suhu virtual di Ahmad Yani Semarang menunjukkan nilai ACF terjadi pada *lag* nyata tiga dan *cut off* sedangkan PACF menurun secara eksponensial, sehingga model sementara adalah MA(3) atau ARIMA(0,2,3).

Tahap penaksiran model prediksi suhu virtual di Perak I Surabaya diperoleh dari nilai AIC pada model ARIMA(0,2,1) sebesar 0,897738, ARIMA(0,2,2) sebesar 0,896175, ARIMA(0,2,3) sebesar 0,897578. Nilai AIC terkecil terdapat pada model ARIMA(0,2,2) sehingga dipilih sebagai model prediksi suhu virtual di Perak I Surabaya. Tahap penaksiran model prediksi suhu virtual di Ahmad Yani Semarang diperoleh dari nilai AIC pada model ARIMA(0,2,3) sebesar 0,257527, ARIMA(0,2,2) sebesar 0,259673, ARIMA(0,2,4) sebesar 0,247608. Nilai AIC terkecil terdapat pada model ARIMA(0,2,3) sehingga dipilih sebagai model prediksi suhu virtual di Ahmad Yani Semarang.

Persamaan model prediksi ARIMA untuk setiap lokasi (Tabel 2). Prediksi suhu virtual di Perak memiliki *lag* 2, artinya suhu virtual minggu ketiga dapat diprediksi dari suhu virtual minggu kedua, dan seterusnya. Prediksi suhu virtual di Ahmad Yani memiliki *lag* 3, artinya suhu virtual minggu keempat dapat diprediksi dari suhu virtual suhu minggu ketiga.

Tabel 2. Persamaan ARIMA

Lokasi	Persamaan ARIMA
Perak (0,2,2)	$Z_t = 2Z_{t-1} - Z_{t-2} + (2,35E-6) + 1,057\alpha_{t-1} - 0,059 \alpha_{t-2} + \alpha_t$
Ahmad Yani (0,2,3)	$Z_t = 2Z_{t-1} - Z_{t-2} + (5,51E-6) + 1,267\alpha_{t-1} - 0,126\alpha_{t-2} - 0,143 \alpha_{t-3} + \alpha_t$

Model prediksi Holt-Winters didasarkan pada pendekatan tren dan musiman (*seasonals*). Tren dapat menunjukkan pembaharuan tren linear setiap tersedia data observasi terbaru. *Seasonals* dapat menunjukkan pembaharuan *additive* maupun *multiple* dengan baik. Tabel 3 menunjukkan persamaan prediksi pada masing-masing lokasi. Persamaan prediksi Holt-Winters dipengaruhi oleh nilai tren terakhir dari data (α), *slope* terakhir dari data (β), dan *seasonal* terakhir pada data musiman tertentu (S). Nilai S berubah-ubah sesuai dengan periode yang ingin diprediksi, sedangkan nilai α dan β tetap selama panjang data yang digunakan untuk memprediksi sama.

Tabel 3. Persamaan Holt-Winters untuk peramalan Oktober 1997

Lokasi	Persamaan Holt-Winters
Perak I Surabaya	$F_{t+m} = (12987,58 + 82,507m)(s_{t-s+m})$
Ahmad Yani	$F_{t+m} = (6937,954 + 25,223m)(s_{t-s+m})$

Validasi data dilakukan pada bulan Oktober 1997 karena pada bulan tersebut puncak terjadinya *El Niño* dan IOD. Ketepatan peramalan dicari dengan menghitung nilai MAPE. Nilai MAPE hasil prediksi dengan ARIMA dan Holt-Winters di Perak sebesar 3,20% dan 0,58% dan di Ahmad Yani sebesar 2,56% dan 2,080%. Hasil validasi suhu virtual menggunakan ARIMA dan Holt-Winters di dua lokasi (Tabel 4) menunjukkan bahwa metode Holt-Winters lebih tepat digunakan untuk peramalan dibandingkan dengan model ARIMA. Validasi menggunakan metode Holt-Winters tidak membutuhkan data x_{t-1} untuk memprediksi sedangkan untuk metode ARIMA

informasi itu dibutuhkan karena berkaitan dengan *lag time*. Model prediksi Holt-Winters hanya mempertimbangkan aspek pola data yang terdapat dalam deret waktu, tidak harus memenuhi asumsi deret waktu yaitu stasioneritas dan signifikansi. Sedangkan model prediksi Box-Jenkins ARIMA harus memenuhi asumsi deret waktu dalam analisisnya.

Tabel 4 Validasi data suhu virtual mingguan di Stasiun Ahmad Yani Semarang dan Perak Surabaya menggunakan metode Holt-Winters dan ARIMA

Tanggal	Data Aktual	Holt-Winters				ARIMA(0,2,2)			
		Ramalan		Selisih Aktual-Ramalan		Ramalan		Selisih Aktual-Ramalan	
		Ahmad Yani	Perak	Ahmad Yani	Perak	Ahmad Yani	Perak	Ahmad Yani	Perak
01-10-97	29,25	28,93	28,93	0,68	0,322	28,99	28,63	0,62	0,62
08-10-97	29,83	29,02	29,23	0,97	0,601	28,96	28,64	1,03	1,19
15-10-97	29,55	29,16	29,37	0,66	0,179	28,97	28,65	0,85	0,9
22-10-97	29,77	29,27	29,64	0,57	0,131	28,97	28,66	0,87	1,11
29-10-97	29,61	29,39	29,99	0,03	-0,38	28,98	28,68	0,45	0,93
MAPE				2,08%	0,58%	MAPE		2,56%	3,2%

Tabel 5 merupakan suhu virtual hasil prediksi bulan Juni Juli Agustus (JJA) 2015. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada bulan Juni hingga Agustus 2015 keadaan masih normal karena suhu virtual masih berkisar dibawah 29 °C.

Tabel 5. Prediksi Suhu Virtual Mingguan Bulan Juni Juli Agustus 2015 dengan Model ARIMA dan Holt Winters (HW)

Tanggal	Perak		Ahmad Yani		Tanggal	Perak		Ahmad Yani	
	ARIMA	HW	ARIMA	HW		ARIMA	HW	ARIMA	HW
03-Jun-15	22,39	25,43	26,71	27,43	15-Jul-15	22,37	25,96	26,71	27,72
10-Jun-15	22,39	25,59	26,71	27,46	22-Jul-15	22,37	26,11	26,71	27,85
17-Jun-15	22,39	25,59	26,71	27,49	29-Jul-15	22,37	26,23	26,72	27,92
24-Jun-15	22,38	25,7	26,71	27,49	05-Aug-15	22,37	26,26	26,72	27,96
01-Jul-15	22,38	25,84	26,71	27,55	12-Aug-15	22,36	26,49	26,72	28,02
08-Jul-15	22,38	25,93	26,71	27,65	19-Aug-15	22,36	26,73	26,72	28,13
					26-Aug-15	22,36	26,83	26,72	28,22

4. KESIMPULAN

Pola suhu virtual berbanding terbalik dengan pola indeks Niño dan IOD. Peningkatan indeks diikuti oleh penurunan suhu virtual. Hal tersebut karena saat terjadi *El Niño* dan IOD positif, terjadi pergeseran awan-awan konvektif ke Samudera Pasifik dan Hindia yang menyebabkan Indonesia khususnya wilayah kajian Surabaya dan Semarang mengalami kekeringan. Suhu virtual sebagai parameter yang menyatakan kandungan uap air di atmosfer sehingga ketika kering, nilai suhu virtual akan rendah. Semarang dan Surabaya mendapatkan pengaruh yang lebih kuat dari *El Niño* dan IOD positif dibandingkan Sumatera Utara. Berdasarkan nilai MAPE terkecil di empat lokasi, model Holt-Winters lebih tepat digunakan untuk memprediksi suhu virtual di empat lokasi dibandingkan dengan ARIMA. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka model ARIMA dan Holt-

Winters dapat digunakan untuk memprediksi suhu virtual ketika kejadian *El Niño* dan IOD terjadi secara bersamaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga atas doa, dukungan, nasihat, serta teman-teman (Gesti, Nita, Himma, Fauzan) yang selalu mendukung dan membantu penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- ¹Kishore K., 2007. Indonesia Country Case Study: Impact and Response to the 1997-98 *El Niño* Event. Colorado : UCAR
- ²Ardia A.W., 2005. *Dampak Keragaman Iklim El Niño Southern Oscillation (ENSO) terhadap Pengeluaran Rumah Tangga Petani di Propinsi Sulawesi Tengah*. Skripsi. Bogor : IPB
- ³Purwaningtyas R.R., 2009. *Analisis korelasi parsial Indian Ocean Dipole Mode (IODM) dan El Niño Southern Oscillation (ENSO) dengan curah hujan di Indonesia*. Skripsi. Departemen Meteorologi Dan Geofisika. Bogor : IPB.
- ⁴(<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices>, diakses pada Februari 2015)
- ⁵(<http://www.bom.gov.au/climate/enso/iod>, diakses pada Februari 2015)
- ⁶(<http://badc.nerc.ac.uk/>, diakses pada Februari 2015)
- ⁷Wallace J. M. dan P. V. Hobbs, 2006. *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. New York : Academic Press
- ⁸Handoko, 1993. *Klimatologi Dasar*. Bogor : Pustaka Jaya
- ⁹Makridakis, S. dan S. C, Wheelwright dan V. E, McGee, 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Jilid 1. Hari Suminto, penerjemah. Jakarta : Binarupa Aksara
- ¹⁰Tang, YY., 2009. *Wavelet Theory Approach to Pattern Recognition 2nd Edition*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- ¹¹Clayton, H.H., 1899. Investigation on Periodicity in the Weather. *American of Academy of Arts & Sciences*. Vol.34 (22): 599 – 618.
- ¹²Box, G. E. P. dan Jenkins G. M., 1976. *Time Series Analysis: Forecasting & Control*. San Fransisco: Holden-Day Inc.
- ¹³Firdaus, M., 2006. *Analisis deret waktu satu ragam ARIMA SARIMA Arch-Garch*. Bogor : IPB Press. 116 pp.
- ¹⁴Kalekar, P.S., 2004. Time series Forecasting using Holt-Winters Exponential Smoothing. Kanwal Rekhi School of Information Technology
- ¹⁵Saji, N.H. dan B.N. Goswami dan P.N. Vinayachandran dan T. Yamagata, 1999. A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. *J. Nature*. 401:360-363.
- ¹⁶Behera, S.K. dan T. Yamagata, 2001. *Impact of the Indian Ocean Dipole on the Southern Oscillation*. Tokyo : The University of Tokyo.
- ¹⁷Hermawan, E. dan S. Lestari, 2007. Analisis variabilitas curah hujan di Sumatera Barat dan Selatan dikaitkan dengan kejadian Dipole Mode. *Jurnal Sains Dirgantara*, Vol 4(2)
- ¹⁸Ashok, K. dan Z. Ghuan. dan T. Yamagata, 2003. A look at the relationship between the ENSO and the India Ocean Dipole. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Vol. 81 (1) :41-56.
- ¹⁹Nur'utami, Murni N., 2014. *Keragaman curah hujan indonesia saat fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) dan El Niño Southern-Oscillation (ENSO)*. Departemen Meteorologi dan Geofisika. Skripsi. Bogor: IPB.
- ²⁰Mihardja, 2002. dalam Santinira, D., 2004. *Analisis korelasi kanonik El Niño Southern Oscillation (ENSO) Dan Dipole Mode Event (DME) dengan curah hujan di Pulau Sumatera*. Departemen Geofisika Dan Meteorologi. Skripsi. Bogor : IPB.
- ²¹Wang C. dan R.H. Weisberg, 2000. The 1997-1998 *El Niño* evolution relative to previous *El Niño* event. *J. Clim.* 13:488-501.
- ²²Trenberth, KE., 1997. The definition of *El Niño* . *Bull. Amer. Meteor. Soc* 78:2771–277