

KORELASI *ASIAN MONSOON*, *EL NINO SOUTH OSCILATION* DAN *INDIAN OCEAN DIPOLE* TERHADAP VARIABILITAS CURAH HUJAN DI PROPINSI LAMPUNG

Eko Efendi¹ · Andri Purwandani² ·

Ringkasan Perairan Asia Tenggara dan sekitarnya memiliki variabilitas laut-atmosfer yang besar akibat dari fluktuasi parameter oseanografi yang berasal dari perairan Samudera Pasifik dan Samudera Hindia pada arah zonal dan pada arah meridional berasal dari Laut Cina Selatan, perairan utara dan selatan Jawa dan perairan barat Australia. Fenomena yang dominan mempengaruhi variabilitas laut-atmosfer di wilayah Asia Tenggara dan sekitarnya adalah Muson, *Dipole Mode* (DM) dan *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) dengan siklus waktu dari musiman sampai antar tahunan. Penelitian sebelumnya yang dilakukan lebih banyak mengkaji Muson, DM dan ENSO secara individu dari fenomenanya itu sendiri, tidak secara komprehensif mengarah kepada kemungkinan adanya interaksi satu sama lain. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji variabilitas laut-atmosfer dan proses dinamika interaksi antara Muson, DM dan ENSO secara simultan terhadap curah hujan di Propinsi Lampung. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini dengan pendekatan metode yang dapat mendekomposisi sinyal tersebut baik pada skala ruang maupun waktu dari hasil interaksi antara Muson, DM dan ENSO. Analisis yang digunakan me-

liputi transformasi wavelet kontinyu dan korelasi silang transformasi wavelet. Dari analisis transformasi wavelet kontinyu, koherensi maupun transformasi silang diperoleh kesimpulan bahwa pola curah hujan di wilayah lampung sangat dipengaruhi oleh pengaruh musiman atau adanya pengaruh WNPMI dibandingkan dengan pengaruh DMI dan SOI, akan tetapi arah fase yang berlawanan menunjukkan adanya pola pergantian pengaruh yang terjadi. DMI berpengaruh pada periode 6 bulanan, sedangkan SOI berpengaruh pada fase 12 bulanan

Keywords *Asian Monsoon, Indian Dipole Mode, El Nino South Oscillation Indices, curah hujan.*

PENDAHULUAN

Perairan Asia Tenggara dan sekitarnya memiliki variabilitas laut-atmosfer yang besar akibat dari fluktuasi parameter oseanografi yang berasal dari perairan Samudera Pasifik dan Samudera Hindia pada arah zonal dan pada arah meridional berasal dari Laut Cina Selatan, perairan utara dan selatan Jawa dan perairan barat Australia [1]. Variabilitas ini juga berinteraksi dengan fluktuasi parameter iklim di atas daratan dan lautan yang akan menentukan

¹⁾ Budidaya Perairan Unila, Jl. Sumantri Brodjonogoro No.1 Bandar Lampung 35145
E-mail: eko.efendi@fp.unila.ac.id

²⁾ TPSA Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta

kondisi atmosfer di wilayah Indonesia. Fenomena yang dominan mempengaruhi variabilitas laut-atmosfer di wilayah Asia Tenggara dan sekitarnya adalah Muson, Dipole Mode (DM) dan El Nino Southern Oscillation (ENSO) dengan siklus waktu dari musiman sampai antar tahunan [2]; [1] dan [3]. Fenomena Muson, DM dan ENSO baik secara langsung maupun tidak langsung sangat mempengaruhi aktifitas manusia di wilayah Indonesia.

Pengaruh faktor lokal dan regional kondisi laut-atmosfer di wilayah perairan Indonesia dan sekitarnya belum tersentuh seutuhnya sebagai bagian penting bahwa terdapat dugaan kemungkinan pemicu terjadinya DM dan ENSO dengan pertimbangan bahwa perairan Indonesia dan sekitarnya merupakan simpul interaksi Muson, DM dan ENSO yang secara geografis berada di antara dua samudera, Hindia dan Pasifik dengan fenomenanya DM dan ENSO serta di antara dua benua, Asia dan Australia dengan sistem Musonnya [4];[5]; [6]; [7]; [8] dan [9]. Kapabilitas untuk memprediksi Muson, DM dan ENSO sangat bermanfaat untuk perencanaan aktifitas manusia dan membantu dalam upaya mitigasi bencana meliputi badai, gelombang besar, banjir, tanah longsor dan kekeringan yang ditimbulkannya. Pada penelitian ini, akan difokuskan untuk mengungkap jawaban dari pertanyaan-pertanyaan tersebut di atas.

MATERI DAN METODE

Data

Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data laut dan atmosfer yaitu data asimilasi GFDL dengan parameter suhu dan kedalaman lapisan tercampur, data indikator laut-atmosfer yaitu indeks Muson, DMI dan SOI untuk memantau aktifitas Muson, DM dan ENSO, data buoy TRITON (untuk selanjutnya disebut TRITON) dan ARGO float (untuk selanjutnya disebut ARGO) yang digunakan untuk validasi data asimilasi GFDL, data Earth System Research Laboratory NOAA (ESRL NOAA) meliputi parameter angin, suhu udara,

tekanan udara, OLR, curah hujan, presipitasi (*precipitation/P*), evaporasi (*evaporation/E*), fluks bahang secara konduksi (*sensible heat/QS*), bahang melalui evaporasi (*latent heat/QL*) dan kelembapan udara (*relative humidity/RH*). Data Indikator laut-atmosfer yang digunakan pada penelitian ini meliputi indeks Muson, DMI dan SOI. Indeks Muson (*Monsoon Index/MSI*) bersumber *Asia-Pacific Data-Research Center* (ADPRC) sebagai suatu institusi penelitian internasional yang salah satunya bertugas untuk memantau aktifitas daerah Muson di dunia. Indeks Muson yang dipantau oleh institusi ini meliputi *Indian Monsoon Index* (IMI), *Western North Pacific Monsoon Index* (WNPMI), *Webster-Yang Monsoon Index* (WYI) dan *Australian Monsoon Index* (AUSMI). Pada penelitian ini data indeks Muson yang digunakan adalah WNPMI karena cakupan wilayah pada penelitian ini merupakan zona Muson dari WNP dan sesuai dengan daerah Muson yang dipengaruhi oleh regim Muson dari *Southeast Asia Monsoon* dan *Western North Pacific Monsoon* [2]. Untuk selanjutnya pada penelitian ini WNPMI akan disebut MSI. WNPMI dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$WNPMI = U850(C) - U850(D) \quad (1)$$

dimana $U850(C)$ dan $U850(D)$ adalah rata-rata anomali kecepatan angin zonal di ketinggian pada tekanan atmosfer 850 mb di petak C (100°BT - 130°BT , 5°LU - 15°LU) dan petak D pada koordinat 110°BT - 140°BT dan 20°LU - 30°LU .

Data DMI yang tersedia di OOPC ini dihitung metode dari hasil penelitian [10] dengan persamaan sebagai berikut:

$$DMI = WTIO(H) - SETIO(I) \quad (2)$$

dimana $WTIO(H)$ dan $SETIO(I)$ adalah rata-rata anomali SPL di sebelah barat ekuatorial Samudera Hindia pada petak H (50°BT - 70°BT , 10°LS - 10°LU) dan petak I (90°BT - 110°BT , 10°LS -ekuator) di sebelah tenggara Samudera Pasifik.

Data SOI yang digunakan berasal dari *Bureau of Meteorology* (BOM) Australia yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SOI = \frac{pTHT - pDRW}{\sigma} \quad (3)$$

dimana p(THT) dan p(DRW) adalah anomali tekanan udara permukaan di Tahiti dan Darwin yang telah distandarisasikan dan σ adalah simpangan baku dari selisih antara p(THT) dan p(DRW). Data MSI, DMI dan SOI yang digunakan pada penelitian ini dengan interval waktu bulanan antara tahun 1979-2007 dan akan ditapis pada sinyal frekuensi rendah sebesar 1/2 siklus per tahun.

Analisis Data

Analisis transformasi wavelet bertujuan melokalisasi perubahan waktu (Δt) dan frekuensi ($\Delta \omega$) dari data deret waktu kedalam fungsi frekuensi terhadap waktu, sehingga dapat diketahui perubahan waktu dan frekuensi secara bersamaan [11]. Salah satu fungsi wavelet yang sering digunakan adalah fungsi transformasi Morlet atau biasa disebut *continuous wavelet transform* (transformasi wavelet kontinyu atau CWT), dengan persamaannya adalah sebagai berikut:

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

dimana ω_0 adalah frekuensi tanpa unit dan η adalah waktu tanpa unit.

Distribusi energi korelasi silang transformasi wavelet dengan background power spectral dan dan selang kepercayaan $Z_v(p)$ pada probabilitas p , dihitung dengan persamaan sebagai berikut [11]:

$$D\left(\frac{|W_n^x(S)W_n^{y*}(S)|}{\sigma_X \sigma_Y} < p\right) = \frac{Z_p}{\nu} \sqrt{P_k^x P_k^y} \quad (5)$$

dengan rata-rata sudut beda fase am dari a_i , $i=1 \dots n$, dengan persamaan sebagai berikut:

$$am = \arg(x, Y) \quad (6)$$

dimana,

$$X = \sum_{i=1}^n \cos a_i \quad (7)$$

dan

$$Y = \sum_{i=1}^n \sin a_i \quad (8)$$

dengan simpangan baku,

$$S = \sqrt{-2 \ln \frac{R}{n}} \quad (9)$$

dimana $R = \sqrt{(X^2 + Y^2)}$. Beda fase antara siklus koefisien ekspansi EOF data SPL dengan MSI, DMI dan SOI menunjukkan siklus sinyal mana yang lebih dahulu, bersamaan atau berlawanan.

Basis data pada penelitian ini dikelola dalam satu perangkat lunak Ocean Data View versi 4. Pada penelitian ini dalam melakukan tahapan pengolahan data, pembuatan basis data dan analisis data menggunakan beberapa bahasa pemrograman dan perangkat lunak. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Matlab R2010b.

HASIL DAN PEMBAHASAN

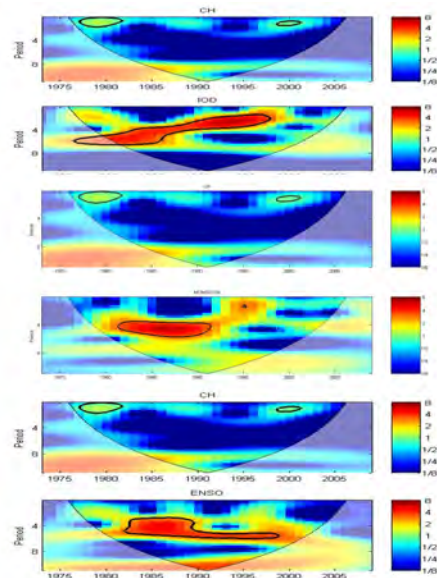
Dari data curah hujan di Propinsi Lampung, dimana curah hujan tinggi pada awal dan akhir tahun, menunjukkan kaitan yang kuat dengan aktivitas monsoon asia. Dari data curah hujan untuk musim hujan yang dihitung dengan menjumlahkan curah hujan september sampai dengan maret, selanjutnya dibandingkan dengan IODM dan ENSO. Disini hujan yang terjadi tidak berpengaruh oleh IODM dan ENSO, namun analisis dengan menggunakan CWT dan WTC dan XWT menunjukan adanya pengaruh yang kuat dari IODM dan ENSO terutama pada periode 1980-2000. Pada awal ditemukan fenomena El Nino, diketahui bahwa fenomena tersebut hanya berdampak di Samudera Pasifik saja. [12]

adalah orang yang pertama mengemukakan mekanisme kerja El Nino dan kaitannya dengan *Southern Oscillation* yang dikemukakan oleh Walker. Oleh karena itu, fenomena tersebut lebih dikenal dengan sebutan *El Nino Southern Oscillation* (ENSO).

Sementara spektrum daya transformasi fourier memperlihatkan hasil yang identik di semua daerah pengamatan yaitu dominannya perioditas 12 bulanan (1 tahunan) yang dapat diartikan sebagai pengaruh monsoon, diikuti oleh perioditas 6 bulanan yaitu pengaruh pergerakan semu matahari (*Inter Tropical Convergence Zone*, ITZC). Untuk melihat hubungan antara monsoon asia dengan curah hujan digunakan CWT dan WTC serta XWT antara masing masing WNPMI, SOI, DMI dan curah hujan. Analisis terhadap curah hujan pada musim hujan.

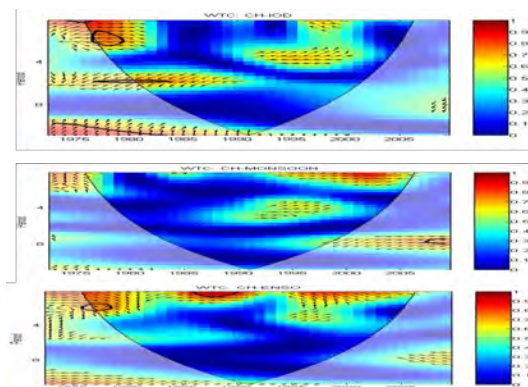
Hasil analisis CWT (Gambar 1) antara curah hujan dengan memperlihatkan bahwa siklus koefisien ekspansi memiliki fase searah dengan WNPMI dengan energi sebesar 8 (energi) dan memperkuat bahwa pola terbentuk dari akitifitas siklus Muson, sedangkan hasil CWT antara curah hujan dengan DMI dan SOI hanya didapati energi tidak lebih dari 8 (energi). Meskipun terdapat nilai energi yang masuk pada selang kepercayaan lebih 95% pada siklus dengan periode satu tahunan tetapi beda fasenya tidak menunjukkan pola yang teratur, sehingga hubungan diantara keduanya hanya berupa pergeseran fase sesaat siklus WNPMI terhadap siklus DMI dan SOI.

Ketidakseimbangan kandungan bahang di darat, laut dan atmosfer berperan besar dalam mengatur pola sirkulasi atmosfer dan kondisi iklim di suatu wilayah. Salah satu parameter untuk melihat pengaruh ketidakseimbangan bahang terhadap variabilitas iklim adalah anomali dari selisih antara presipitasi dengan evaporasi (P-E) yang menunjukkan anomali laju kandungan air bersih yang keluar atau masuk ke lautan dan daratan. Presipitasi (P) memperlihatkan banyaknya kandungan air terhadap waktu yang masuk ke lautan dan daratan, sedangkan evaporasi (E) memperlihatkan banyaknya kandungan air terhadap waktu yang



Gambar 1 Continuous Wavelet Transform (CWT) antara curah hujan dan Indian Ocean Dipole (a) Indian Monsoon (b) dan El Nino South Oscilation Indices (c).

dilepaskan ke atmosfer dari lautan dan daratan, sehingga P-E menunjukkan banyaknya kandungan air bersih yang keluar atau masuk ke lautan dan daratan. Berbeda halnya dengan nilai positif atau negatif kandungan bahang di lautan dan daratan, dimana di lautan dan daratan dianggap sebagai sistem sehingga nilai $QS+Q$ positif artinya bahwa kandungan bahang berada di dalam sistem yaitu lautan dan daratan, sedangkan untuk parameter P dan E keduanya dianggap sebagai parameter dari sistem di atmosfer sehingga nilai keduanya selalu positif. Oleh karena itu, untuk mengetahui seberapa banyak kandungan air bersih yang masuk ke sistem lautan dan daratan perlu dihitung selisih antara kandungan air yang masuk (P) dengan kandungan air yang keluar (E), sehingga nilai P-E positif memiliki arti kandungan air lebih banyak yang masuk ke lautan dan daratan, sedangkan P-E bernilai negatif berarti kandungan air lebih banyak berada di atmosfer dengan nilai P lebih kecil dari E. Pergerakan simpul Sirkulasi Walker dan Hadley ke arah zonal maupun meridional mengikuti pula fluktuasi kandungan bahang yang terkumpul di atas wila-

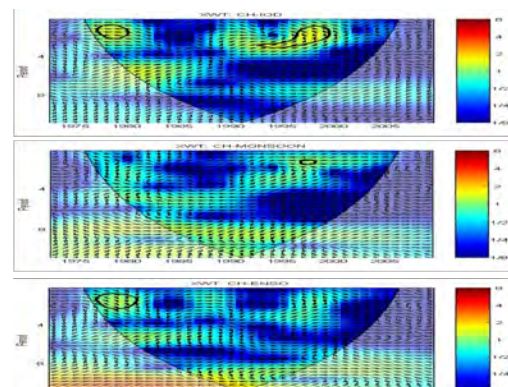


Gambar 2 Wavelet Coherence Transform (WTC) antara curah hujan dan *Indian Ocean Dipole* (a) *Indian Monsoon* (b) dan *El Niño South Oscillation Indices* (c).

yah Indonesia akibat dari variabilitas laut yang besar, dimana perubahan kekuatan dari Sirkulasi Walker dan Hadley ini kembali lagi mempengaruhi dinamika di perairan Asia Tenggara dan sekitarnya [2].

Hasil analisis WTC (Gambar 2) antara curah hujan dengan memperlihatkan bahwa adanya koherensi yang lebih besar antara curah hujan dengan SOI dan DMI, sementara koherensi dengan monsoon menunjukkan nilai yang lebih kecil, hal ini menunjukkan bahwa siklus musiman juga dipengaruhi kuat oleh adanya sinyal dari DMI dan SOI. Arah fase antara monsoon dan DMI serta SOI menunjukkan arah yang sebaliknya hal ini menunjukkan adanya pergantian siklus yang mempengaruhi pola curah hujan yang terjadi.

Hasil analisis XWT (Gambar 3) antara curah hujan dengan monsoon dan SOI memperlihatkan adanya periode pengaruh yang sama yaitu periode 1 tahunan atau periode 12 bulanan, sementara pengaruh DMI menunjukkan periode kuat pada periode 6 bulanan. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh musim sangat kuat dipengaruhi oleh sinyal SOI dalam jangka waktu 12 bulanan, sehingga yang terjadi adalah adanya curah hujan yang tinggi pada awal dan akhir tahun. Sinyal DMI yang terjadi pada periode 6 bulanan menunjukkan adanya pola curah hujan pada musim musim peralihan. Fenomena dengan siklus dibawah musiman seperti *Madden-Julian Oscillation* (MJO)



Gambar 3 Cross Wavelet Transform (XWT) antara curah hujan dan *Indian Ocean Dipole* (a) *Indian Monsoon* (b) dan *El Niño South Oscillation Indices* (c).

lebih berperan mempengaruhi variabilitas cuaca dalam skala lokal dan siklus diatas antar tahunan seperti *Pacific Decadal Oscillation* (PDO) lebih berperan sebagai indikator fase hangat dan dingin dari perubahan iklim global yang berkaitan dengan pemanasan global (*global warming*) dalam skala dunia [13];[14].

SIMPULAN

Dari analisis transformasi wavelet kontinu, koherensi maupun transformasi silang diperoleh kesimpulan bahwa pola curah hujan di wilayah Lampung sangat dipengaruhi oleh pengaruh musiman atau adanya pengaruh WNPMI dibandingkan dengan pengaruh DMI dan SOI, akan tetapi arah fase yang berlawanan menunjukkan adanya pola pergantian pengaruh yang terjadi. DMI berpengaruh pada periode 6 bulanan, sedangkan SOI berpengaruh pada fase 12 bulanan.

Pustaka

1. Luo JJ et al. 2010. Interaction between El Niño and Extreme Indian Ocean Dipole. *J Climate* 23:726-742.
2. Chang CP. 2005. The maritime continent monsoon. Di dalam: *The global monsoon system: research and forecast*. Chang CP, Wang B, Lau NCG, editor. Report of the International Committee of the Third International

- Workshop on Monsoons (IWM-III). TD No. 1266. WMO. Geneva. hlm 156- 178.
3. Annamalai H, Kida S, Hafner J. 2010. Potential Impact of the Tropical Indian Ocean–Indonesian Seas on El Nino Characteristics. *J Climate* 23:3933- 3952.
 4. Vranes K, Gordon AL, Field A. 2002. The heat transport of the Indonesian Throughflow and implications for the Indian Ocean heatbudget. *J Deep-Sea Res Part II, Topical Studies in Oceanogr* 49:1391-1413.
 5. Neale R, Slingo J. 2003. The Maritime Continent and Its Role in the Global Climate: A GCM Study. *J Climate* 16:834-849.
 6. McBride JL, Malcolm RH, Neville N. 2003. Relationships between the Maritime Continent Heat Source and the El Niño–Southern Oscillation Phenomenon. *J Climate* 16:2905-2914.
 7. Jochum M, Potemra J. 2008. Sensitivity of Tropical Rainfall to Banda Sea Diffusivity in the Community Climate System Model. *J Climate* 21:6445- 6454.
 8. Koch LA, Lengaigne M, Terray P, Madec G, Masson S. 2010. Tidal mixing in the Indonesian Seas and its effect on the tropical climate system. *Climate Dynamics* 34:891-904.
 9. Brierley CM, Fedorov A. 2011. Tidal mixing around Indonesia and the Maritime continent: implications for paleoclimate simulations. *Geophys Res Lett*. in press.
 10. Saji NH, Goswami BN, Vinayachandran PN, Yamagata T. 1999. A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature* 401:360-363.
 11. Torrence C, Compo GP. 1998. A practical guide to wavelet analysis. *Bull Am Meteorol Soc* 79:61-78.
 12. Bjerknes J. 1969. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Rev* 97:163-172.
 13. Waliser D et al. 2006. The experimental MJO prediction project. *Bull Am Meteorol Soc* 87:425-431.
 14. Yoon J, Yeh SW. 2010. Influence of the Pacific Decadal Oscillation on the Relationship between El Nino and the Northeast Asian Summer Monsoon. *J Climate* 23:4525-4537.