

MEKANISME INTERAKSI MONSUN ASIA DAN ENSO

Erma Yulihastin
Peneliti Sains Atmosfer, LAPAN
e-mail: erma@bdg.lapan.go.id; erma.yulihastin@gmail.com

RINGKASAN

Pada makalah ini diulas mengenai mekanisme hubungan antara monsun Asia musim panas dan *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) yang dinyatakan dalam skema sistem monsun-atmosfer-laut (*Monsoon-Atmosphere-Ocean System*, MAOS). Data yang digunakan adalah suhu permukaan laut dan vektor angin pada level ketinggian 850 hPa yang diolah selama periode 20 tahun (1970-1990). Indeks bulanan monsun Asia yang digunakan adalah Indeks Curah Hujan Monsun India (1817-1995). Skema MAOS menunjukkan bahwa pada periode tahun "monsun kuat" yang berlangsung sejak Juni hingga September, suhu permukaan laut juga menguat (memanas) di Samudera Pasifik barat ekuator sejak September hingga Mei. Pada saat yang bersamaan, terjadi penurunan suhu permukaan laut di Samudera Pasifik timur ekuator yang berlangsung sejak Juli hingga Maret. Pada periode monsun kuat tersebut, sirkulasi timur-barat *Walker* di Samudera Pasifik mengalami penguatan. Sedangkan pada periode tahun "monsun lemah" yang berlangsung dari Juni sampai September, suhu permukaan laut di Samudera Pasifik timur ekuator memanas (Juli-Maret) sedangkan di Samudera Pasifik barat ekuator melemah (September-Juni). Pada periode tahun monsun lemah, terjadi depresi pada sirkulasi timur-barat *Walker* di Samudera Pasifik ekuator sehingga terjadi fenomena El Nino.

1 PENDAHULUAN

Penelitian yang mengkaji interaksi secara fisis dan dinamis antara fenomena ENSO dan monsun di wilayah Indonesia masih jarang dilakukan. Hal ini di antaranya karena kompleksitas kondisi monsun di wilayah Indonesia yang secara acak dipengaruhi oleh beberapa monsun sekaligus; monsun Asia, India, Pasifik, dan monsun Australia.

Apakah yang dimaksud dengan monsun? Monsun merujuk pada siklus tahunan yang membedakan secara tegas keadaan atmosfer selama fase kering dan fase basah. Siklus tahunan ini membagi fase kering dan fase basah menjadi dua periode. Fase kering dipengaruhi oleh musim dingin yang terjadi di berbagai benua dengan massa udara di atmosfer yang bersifat dingin dan kering (Webster dkk., 1998 dalam Yulihastin, 2010). Sebaliknya, fase basah dipengaruhi oleh musim panas dengan udara yang bersifat lembab. Daerah monsun meliputi wilayah yang dibatasi dengan lintang $35^{\circ}\text{LU} - 25^{\circ}\text{LS}$

dan bujur $30^{\circ}\text{BB} - 170^{\circ}\text{BT}$. (Ramage 1971 dalam Tjasyono, 2004). Wilayah tersebut mencakup sebagian Afrika, seluruh India, sebagian Asia (Asia bagian timur dan selatan), Indonesia, sebagian Australia (Australia bagian utara).

Terdapat dua monsun global yang secara utama mempengaruhi kondisi monsun di wilayah Benua Maritim Indonesia. Dua monsun global tersebut adalah monsun Asia musim panas (*Asian summer monsoon*) dan monsun Australia musim dingin (*Australian winter monsoon*). Pada saat terjadi musim panas di Benua Asia, terbentuklah pusat tekanan rendah di Benua tersebut. Pada saat yang bersamaan, di benua Australia terjadi musim dingin sehingga atmosfer di atas benua tersebut memiliki tekanan yang tinggi. Akibat dari dua perbedaan tekanan ini, terbentuklah angin yang bergerak dari Australia menuju Asia melalui kawasan benua Maritim Indonesia. Angin yang dingin dan kering

dari Australia tersebut telah mengakibatkan Indonesia mengalami musim kemarau. Demikian pula sebaliknya. Saat Benua Asia mengalami musim dingin, maka akan terbentuk angin dari Asia menuju Australia. Angin dari benua Asia meskipun bersifat kering dan dingin namun telah menempuh perjalanan yang panjang melalui Samudera Pasifik yang amat luas sehingga angin tersebut menjadi lembab dan mengandung banyak sekali uap air. Akibat pengaruh angin lembab ini, Indonesia pun mengalami musim hujan.

Jika monsun Asia dan monsun Australia merupakan mekanisme yang melibatkan sirkulasi (pergerakan) atmosfer di atas dua benua yaitu di bagian utara (Asia) dan selatan (Australia) Indonesia, maka ENSO merupakan sirkulasi dengan arah timur-barat yang terjadi di kawasan ekuator Samudera Pasifik. Fenomena ENSO atau osilasi selatan merupakan pergerakan yang terjadi di atmosfer dan lautan karena interaksi dinamis antara atmosfer dan lautan di Samudra Pasifik ekuator (Robinson dan Henderson 1999 dalam Yulihastin 2009). Interaksi antara atmosfer dan lautan ini ditunjukkan dengan peningkatan atau penurunan suhu permukaan laut yang melebihi suhu klimatologisnya (suhu rata-rata jangka panjang sekitar 30 tahun) sehingga menimbulkan anomali (penyimpangan). Jika anomali positif yang terjadi berarti suhu permukaan laut lebih panas dari biasanya, maka terjadilah El Nino. Sebaliknya, jika anomali negatif yang terjadi artinya suhu lebih dingin dari kondisi normalnya sehingga terjadilah La Nina.

Terdapat temuan menarik yang mengungkapkan hubungan antara monsun Asia musim panas dan ENSO. Pemahaman yang cukup baik mengenai hubungan dua fenomena tersebut telah diperoleh beberapa peneliti, antara lain Rasmusson dan Carpenter, 1982, Webster dan Yang, 1992, Lau dan Yang, 1996. Mereka menyimpulkan bahwa

monsun Asia musim panas berkorelasi negatif terhadap ENSO yaitu fenomena El Nino. Artinya, jika indeks monsun Asia musim panas menaik maka El Nino melemah (K.-M. Kim dan K.-M. Lau, 2001). Demikian pula sebaliknya. Jika indeks monsun Asia musim panas melemah atau menurun, maka El Nino akan menguat.

Penelitian yang dilakukan oleh Kawamura (1998) mengenai mekanisme hubungan antara ENSO dan monsun Asia musim panas menyatakan bahwa penyimpangan indeks monsun Asia memiliki kaitan yang kuat dengan anomali suhu permukaan laut di kawasan Nino 3 Samudera Pasifik bagian barat wilayah ekuator pada awal musim semi (bulan Maret). Hal ini dengan jelas menandakan, penyimpangan suhu permukaan laut yang berhubungan dengan ENSO telah berpengaruh kuat terhadap monsun Asia musim panas.

Makalah ini bertujuan mengulas penelitian yang mengkaji hubungan antara monsun Asia musim panas dan ENSO. Pemahaman mengenai interaksi antara monsun Asia musim panas dan ENSO ini penting mengingat fenomena ENSO dan monsun Asia merupakan faktor pengontrol utama kondisi iklim di Indonesia.

2 DATA UNTUK MENGAJAI MONSUN-ENSO

Parameter yang dapat dikaji untuk memahami hubungan antara ENSO dan monsun adalah suhu permukaan laut (*Sea Surface Temperature*), level tekanan di laut (*Sea Level Pressure*) angin (meridional dan zonal), OLR (*Outgoing Longwave Radiation*) curah hujan (presipitasi), dan temperatur.

Pada penelitian yang mengkaji monsun Asia Timur musim panas dan ENSO, Ailikun B. and Yasunari T. (2001) menggunakan data reanalisis bulanan sirkulasi atmosfer (angin) dari NCEP/NCAR (*National Center for Atmospheric*

Research) yang memiliki resolusi $2.5^\circ \times 2.5^\circ$. Data kedua adalah data presipitasi bulanan dari *Climate Prediction Center Merged Analysis of Precipitation* (CMAP). Data presipitasi ini diperoleh dari stasiun penakar hujan (*rain gauge*) dan satelit yang diturunkan dari data awan menjadi nilai estimasi curah hujan. Data ketiga adalah data suhu permukaan laut dari JMA (*Japan Meteorological Agency*) beresolusi $2.5^\circ \times 2.5^\circ$. Data suhu permukaan laut tersebut merupakan data rata-rata bulanan untuk wilayah Samudera Pasifik Barat ($5^\circ\text{LU} - 15^\circ\text{LU}, 120^\circ\text{BT} - 150^\circ\text{BT}$). Data keempat adalah data bulanan indeks Nino 3, yang diperoleh dari rata-rata suhu permukaan laut di wilayah Samudera Pasifik Timur ekuator ($5^\circ\text{LS} - 5^\circ\text{LU}, 150^\circ\text{BB} - 90^\circ\text{BB}$) yang berasal dari CPC (*Climate Prediction Center*). Data kelima adalah data bulanan indeks IMR (*Indian Monsoon Rainfall Index*) pada rentang 1817-1995, yang dikutip dari Sontakke (1996).

3 KORELASI MONSUN ASIA DAN ENSO

Korelasi antara variabilitas antar tahunan monsun Asia musim panas dan ENSO telah diteliti secara intensif oleh banyak peneliti (Shukla dan Paulino 1983; Mooley dan Shukla 1987; Yasunari 1990). Tingkat kekuatan (menguat atau melemahnya) monsun Asia musim panas sering dikaitkan dengan kejadian El Nino atau La Nina di wilayah Samudera Pasifik ekuator yang diikuti dengan kejadian musim dingin, sebagai indikasi bahwa variabilitas monsun Asia musim panas berperan aktif dalam menentukan kejadian ENSO.

Pada penelitian sebelumnya, sekitar tahun 1990, IMR secara luas digunakan untuk merepresentasikan intensitas monsun musim panas Asia. Data IMR yang berbasis pada pengamatan stasiun penakar hujan (Parthasarathy et al. 1992; 1995) telah terbukti menjadi indeks yang sangat

berguna dalam mengevaluasi peran penting monsun India sebagaimana monsun Asia.

Selain itu, Webster dan Yang (1992), mendefinisikan tipe lain dari indeks sirkulasi monsun dengan cara menganalisis data angin secara objektif dari *European Centre for Medium range Weather Forecast* (ECMWF) dan *National Center for Environmental Prediction* (NCEP). Mereka menggunakan angin geser zonal vertikal (selanjutnya disebut dengan indeks US, "U" menunjukkan lambang angin zonal sedangkan "S" berarti *shear* atau geser angin) antara 850 hPa (bawah) dan 200 hPa (atas) di troposfer wilayah Asia selatan ($5^\circ - 20^\circ\text{N}, 40^\circ - 110^\circ\text{E}$). Indeks US ini diharapkan dapat merepresentasikan skala besar baroklinik melingkupi daerah benua Asia dan Samudra Hindia, dalam kaitannya dengan intensitas monsun Asia musim panas. Goswami dkk. (1999) menunjukkan bahwa rata-rata musiman US memiliki korelasi yang signifikan dengan IMR, dan membuat hipotesis bahwa proses-proses yang lain kemungkinan juga berkontribusi pada indeks US. Ailikon and Yasunari (1998) mencatat bahwa intensitas indeks US memiliki hubungan yang kuat dengan aktivitas konveksi (pergerakan atmosfer secara vertikal dalam pembentukan uap air atau hujan) di Samudera Pasifik Barat pada daerah yang hangat.

Terkait korelasi antara ENSO dan monsun Asia musim panas pada variabilitas antar tahunan, konsistensi dari sistem monsun-ENSO dalam siklus musiman telah menjadi isu penting lainnya. Banyak model sirkulasi umum (*General Circulation Model*) menghasilkan prediksi yang kurang akurat dalam memodelkan monsun Asia musim semi (di belahan Bumi utara) pada periode Maret-April-Mei (Latif dan Graham 1991). Variabilitas antar-tahunan (*interannual*) monsun Asia memiliki hubungan yang berbeda dengan sistem atmosfer-laut wilayah tropis terhadap ENSO melalui analisis

perbedaan tipe yang mengindikasikan monsun.

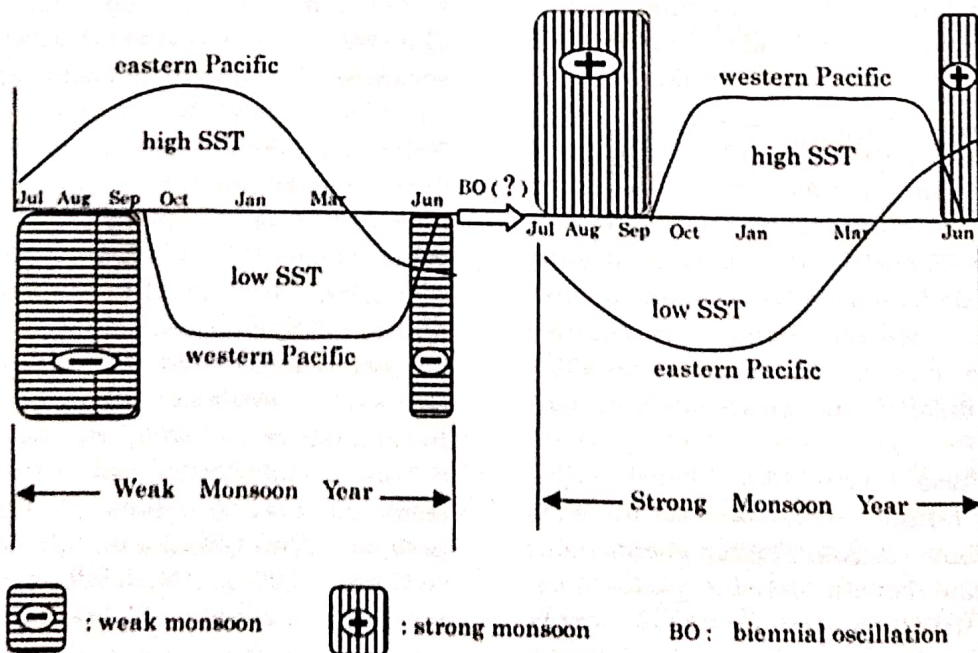
4 SKEMA INTERAKSI MONSUN-ENSO

Konsep mengenai "tahun monsun" yang dikaitkan dengan sistem monsun-atmosfer-laut (*Monsoon Atmosphere - Ocean System, MAOS*) pada awalnya telah dikemukakan oleh Yasunari (1991), lalu Yasunari dan Seki (1992). Sistem gabungan ENSO-monsun cenderung menunjukkan kondisi yang anomali (menyimpang) pada awal musim panas di Belahan Bumi Utara, dan kondisi ini berlangsung selama sekitar satu tahun. Dalam studinya tersebut, Yasunari menemukan bahwa keterkaitan antara monsun Asia dan ENSO berubah secara drastis selama musim panas. Mereka mengemukakan sebuah model konsep baru mengenai sistem gabungan ENSO-monsun seperti dalam skema yang ditampilkan pada Gambar 4-1.

Pada diagram skema tersebut ditunjukkan rentetan waktu dari dua "tahun monsun" secara berturut-turut, yang dimulai dari pertengahan sampai akhir musim panas di Belahan Bumi Utara (Juli-Agustus-September). Kondisi

ini berlangsung terus selama sekitar satu tahun pada awal musim panas tahun berikutnya (Juni). Bagian kiri dari diagram menunjukkan proses-proses yang terjadi selama monsun musim panas dalam keadaan lemah, dimana aktivitas monsun Asia pada pertengahan hingga akhir musim panas (Juli-Agustus-September) lemah; ditunjukkan dengan garis horisontal yang merupakan awal dari siklus satu tahunan.

Sirkulasi barat-timur di wilayah tropis akan melemah karena pengaruh aktivitas konvektif dari monsun. Kondisi ini dapat menjelaskan kenapa suhu permukaan laut lebih panas di Samudera Pasifik timur sementara di wilayah Samudera Pasifik barat suhu justru mendingin di musim berikutnya, dengan kata lain hal ini menunjukkan kondisi El Nino sedang berlangsung. Pada kasus ini, anomali negatif suhu dari aktivitas konvektif di Samudera Pasifik barat pada wilayah kolom hangat menjadi penting sekali kedudukannya dalam mengatur kejadian anomali ENSO sejak musim dingin hingga Juni, dan secara aktif berkontribusi bagi pelemahan monsun Asia di awal musim semi.



Gambar 4-1: Skema mengenai dua "Tahun Monsun" dalam sistem gabungan monsun-ENSO (Sumber: dikutip dalam Ailikon dan Yasunari, 2001)

Sebagai fakta dari siklus satu tahunan ini, IMR selama bulan September berkorelasi dengan baik dengan suhu permukaan laut selama bulan Juni dan sesudahnya (area dalam bayang-bayang). Bagian kanan dari diagram pada gambar di atas menunjukkan proses-proses pada tahun monsun kuat. Aktivitas monsun kuat (ditunjukkan oleh garis vertikal) selama pertengahan sampai akhir musim panas terjadi (dan merupakan hasil dari) kejadian La Nina pada musim dingin berikutnya. Sinyal La Nina, yang (dapat diingat) dari kondisi suhu permukaan laut di Samudera Pasifik barat sampai musim panas berikutnya, dapat mempengaruhi variabilitas monsun Asia secara kuat di bulan Juni.

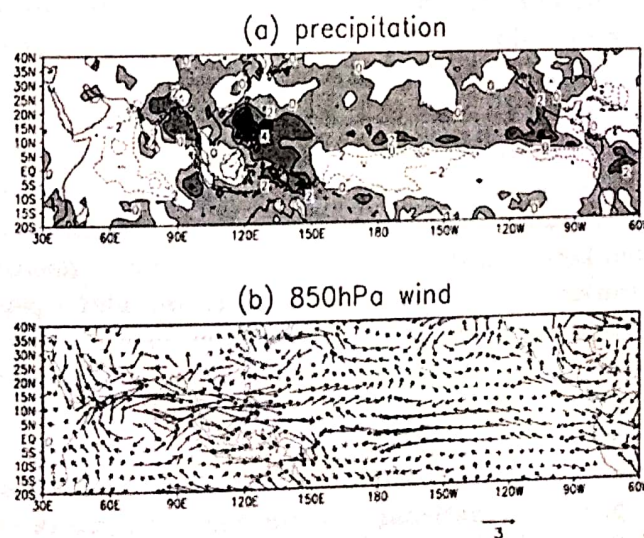
Jika kondisi anomali dari monsun Asia berubah menjadi fase yang berlawanan selama pertengahan musim panas, tahun monsun yang lemah (kiri) dan kuat (kanan) dapat dimanifestasikan sebagai Osilasi dua tahunan (*Biennial Oscillation-BO*) dari sistem monsun-ENSO. Bagaimana pun, koefisien korelasi antara IMR Juni dan Juli-Agustus-September hanya 0.11 (0.28 antara Juni dan September), yang mengindikasikan bahwa osilasi dua tahunan dari sistem monsun-ENSO tidak mengalami kemajuan luar biasa

selama periode 1979-1995. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan keacakan alam dari monsun, kemungkinan termasuk peran dari anomali gaya permukaan (di daratan) dan variabilitas dalam setahun.

Juga, mereka mencatat pentingnya pengaruh kawasan Samudera Pasifik barat terhadap variabilitas monsun Asia pada musim panas. Biasanya, selama ini monsun Asia lebih banyak menjadi perhatian peneliti sebab adanya panas yang kontras antara benua Asia dan Samudra Hindia.

5 DAMPAK MONSUN-ENSO TERHADAP PRESIPITASI

Pada studinya, Yasunari menjelaskan, variabilitas monsun Asia di awal musim panas ditemukan menguat dan memiliki korelasi yang baik dengan aktivitas konvektif (atau kondisi atmosfer yang panas) di Samudera Pasifik barat. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5-1, anomali presipitasi dan angin pada ketinggian 850 hPa dikaitkan dengan periode awal musim panas di Asia. Dalam hal ini anomali yang sama di atas kawasan Asia selatan dan Samudera Pasifik barat, yang memperlihatkan perbedaan dengan kondisi di Samudra Hindia.



Gambar 5-1: (a) Presipitasi (mm/hari); (b) angin pada ketinggian 850 hPa (m/s) pada bulan Juni (Sumber: dikutip dalam Ailikun dan Yasunari, 2001)

Dalam hal proses-proses dinamis mengenai bagaimana aktivitas konvektif di atas Samudera Pasifik barat mempengaruhi awal monsun musim panas, banyak kemungkinan yang dapat dijelaskan. Di sini, mereka beranggapan pada dua macam mekanisme. Salah satunya adalah karena pengaruh langsung yang sebagian besar didasarkan pada hasil-hasil yang telah diperoleh dalam studi mereka. Pada level ketinggian 850 hPa (Gambar 5-1 b), berdasarkan pada terjadinya panas kontras antara benua Asia dan Samudra Hindia, sirkulasi siklonik (tekanan rendah) di atas Samudera Pasifik barat tampaknya memainkan peranan penting dalam mengintensifkan angin zonal monsun di Asia selatan pada awal musim panas. Dengan kata lain, anomali kondisi suhu permukaan laut di Samudera Pasifik barat dan aktivitas konvektif, telah menjaga sinyal ENSO sejak musim dingin sebelumnya (Desember-Januari-Februari) sampai awal musim panas (Juni). Hal ini bisa mempengaruhi variabilitas monsun Asia secara langsung dengan cara meningkatkan (atau mengurangi) monsun pada level rendah.

Mekanisme yang lain adalah pengaruh tak langsung dari Samudera Pasifik barat yang telah dijelaskan oleh Kawamura (1998), Kawamura dkk. (1999) dan Yang dan Lau (1998). Kawamura menunjukkan adanya pengaruh ENSO terhadap angin permukaan di Asia tengah melalui respons gelombang Rossby yang tidak simetris di ekuatorial dengan terbentuknya aktivitas konvektif di atas Samudra Hindia di musim semi (Maret-April-Mei). Pada waktu yang bersamaan, penjaran gelombang Rossby menuju ke barat di wilayah ekuatorial didorong atau dipaksa oleh anomali konveksi di Samudera Pasifik barat. Hal ini telah berdampak pada pemicuan aktivitas konvektif yang tidak normal di atas Samudra Hindia.

6 PENUTUP

Pada skema hubungan monsun-atmosfer-laut (*Monsoon Atmosphere - Ocean System*, MAOS) disimpulkan bahwa pada periode tahun "monsun kuat" (ditunjukkan oleh indeks monsun positif) yang berlangsung sejak bulan Juni hingga bulan September, suhu permukaan laut di Samudera Pasifik barat mengalami peningkatan (memanas) pada bulan September hingga bulan Mei. Sementara itu, pada saat yang bersamaan, suhu permukaan laut di Samudera Pasifik timur mengalami penurunan (mendingin) sejak bulan Juli hingga bulan Maret. Sebaliknya, pada periode tahun "monsun lemah" (ditunjukkan oleh indeks monsun negatif) yang terjadi selama bulan Juni hingga bulan September, suhu permukaan laut di Samudera Pasifik barat melemah (menurun) pada September hingga Mei. Sedangkan suhu permukaan laut di Samudera Pasifik timur menguat (memanas) pada periode bulan Juli sampai bulan Maret. Kondisi ini menyebabkan terbentuknya pusat tekanan rendah di kawasan Samudera Pasifik timur, sebaliknya Samudera Pasifik barat (dekat kawasan benua Maritim Indonesia) memiliki tekanan yang tinggi. Akibatnya sirkulasi *Walker* (pergerakan angin permukaan dari timur ke barat) pun mengalami depresi (pelemahan) sehingga proses konveksi tertahan di Samudera Pasifik timur. Pada periode ini berlangsung fenomena *El Nino* yang berdampak pada pengurangan intensitas konveksi di kawasan Benua Maritim Indonesia. Skema ini menunjukkan bahwa penguatan atau pelemahan aktivitas monsun Asia musim panas telah berpotensi mempengaruhi sirkulasi timur-barat di Samudera Pasifik ekuator. Meskipun demikian belum ditemukan relasi sebaliknya, yakni apakah fenomena *El Nino* dapat mempengaruhi aktivitas monsun Asia musim panas.

DAFTAR RUJUKAN

- Ailikun B. dan Yasunari T., 2001. *ENSO and Asian Summer Monsoon: Persistence and Transitivity in the Seasonal March* in *Journal of the Meteorological of Japan*, Vol. 79, No.1, pp.145-159.
- Kim K.-M. dan Lau K.-M, 2001. *Dynamics of Monsoon-induced Biennial Variability in ENSO* in *Geophysical Research Letters*, Volume 28, Issue 2, p. 315-318.
- Robinson Peter J. and Henderson Ann, 1999. *Contemporary Climatology*, Prentice Hall, London.
- Tjasyono B., 2004. *Klimatologi*, cetakan Ke-2. Penerbit ITB, Bandung.
- Webster P.J. dkk., 1998. *Monsoons: Processes, Predictability, and the Prospects for Prediction*, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 103, No. C7, Hal. 14451-14510.
- Yulihastin E., 2009. *Pengaruh El Nino 1997 Terhadap Variabilitas Ozon Total Indonesia*, *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, ISSN 1907-0713.
- Yulihastin E. dan Noersomadi, 2010. *Analisis Spasial Monsun Indonesia Berbasis Multivariabel*, *Prosiding Seminar Sains Atmosfer 1*, LAPAN, Bandung (dalam proses penerbitan).