

INVESTIGASI POLA SIMETRI DAN ASIMETRI MONSUN ASIA TIMUR DAN ASIA SELATAN DENGAN MONSUN AUSTRALIA

Tiin Sinatra¹, Noersomad¹, Tri Wahyuadi²

¹ Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer - LAPAN

Jl. Dr. Junjuran 133, Bandung 40173

²Sains Kebumihan - ITB

Jl. Ganesa 10 Bandung

email : tiin.lapan@gmail.com

ABSTRACT

Symmetrical pattern between the Asian monsoon and the Australian monsoon were identified based on zonal wind at 850 mb. Monsoon index for 60 years from 1950 to 2009 showed that the Asian monsoon index, ISMI and WNPMI, and the Australian Monsoon Index (AUSMI) have no significant variant along year. It means that the cycle of climate anomalies, such as ENSO and Dipole Mode were locked by stronger monsoon oscillation system and it showed the symmetry on the two monsoon. Humidity profile analysis is divided into 3 zones, they are affected by the South Asian monsoon, East Asia monsoon, and Australia monsoon. Asymmetrical pattern between Asian and Australian monsoon were identified by the evolution of the daily humidity where humidity changes occur suddenly in Asia (South and East Asia), while in Australia humidity changes occur gradually. This suggests that in addition there is asymmetrical pattern, there is also asymmetrical pattern between the two monsoon systems.

Keywords: monsoon index, symmetry, asymmetry

ABSTRAK

Pola simetri antara monsun Asia dan monsun Australia diidentifikasi berdasarkan data angin zonal pada level 850 mb. Indeks monsun selama 60 tahun 1950–2009 menunjukkan bahwa Indeks monsun Asia, ISMI (*Indian Summer Monsoon Index*) maupun WNPMI (*Western North Pacific Monsoon Index*), dan Indeks Monsun Australia (*AUSMI-Australian Monsoon Index*) tidak memiliki variasi yang besar sepanjang tahun atau pada setiap bulannya. Hal ini memberi arti bahwa siklus anomali iklim, seperti ENSO dan Dipole Mode terkunci oleh fase osilasi monsun yang lebih kuat dan hal ini menunjukkan pola kesimetrisan pada dua monsun ini. Analisis melalui profil kelembapan telah

dilakukan di atas wilayah, yang terbagi atas 3 zona yang dipengaruhi oleh monsun Asia Selatan, Asia Timur, dan Australia. Pola ketidaksimetrisan antara monsun Asia dan Australia teridentifikasi yang ditunjukkan melalui evolusi kelembapan harian dimana di zona Asia (Asia Selatan dan Timur) terjadi perubahan kelembapan secara tiba-tiba, sedangkan di Australia perubahan kelembapan terjadi secara bertahap. Hal ini menunjukkan bahwa selain terdapat pola simetri, terdapat pula pola ketidaksimetrisan antara kedua sistem monsun tersebut.

Kata kunci: indeks monsun, pola simetri, pola tidak simetri

1 PENDAHULUAN

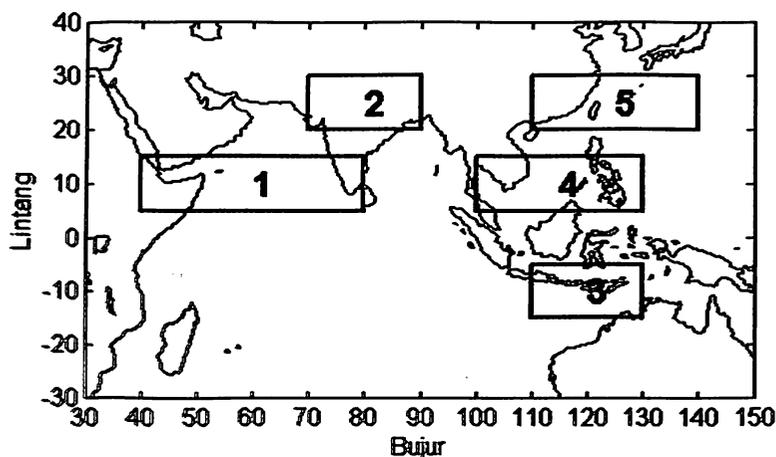
Banyaknya studi mengenai monsun yang telah banyak dikaji, monsun Asia dan Australia memiliki keistimewaan tersendiri (Webster, dkk 1998). Keterkaitan antara monsun Asia dan Australia telah dipelajari oleh beberapa peneliti, diantaranya Mehl (1987) menunjukkan adanya siklus tahunan daerah konveksi aktif yang bergerak dari BBU musim panas ke BBS musim panas, penemuan mengenai tanggal onset monsun musim panas Australia berkaitan dengan hujan monsun di India pada awal BBU musim panas telah dikaji oleh Joseph, dkk (1991), dan Matsumoto (1992) mengkaji monsun Asia dan Australia dari sisi variasi medan angin dan *outgoing longwave radiation* (OLR). Sedangkan Gregory (1991) menyatakan bahwa jumlah curah hujan monsun musim panas Australia berkaitan dengan monsun musim panas Asia yang telah berlangsung sebelumnya. Namun, sebaliknya curah hujan monsun musim panas Australia tidak memiliki pengaruh terhadap curah hujan monsun musim panas Asia selanjutnya. Hung, dkk (2003) menunjukkan adanya pola simetri ditinjau dari pola presipitasi, dan melalui distribusi sumber panas dan sink kelembapan teridentifikasi pola tidak simetri pada kedua sistem monsun. Noersomadi (2010) mengidentifikasi pola simetri monsun Asia timur dengan Australia ditinjau dari arah angin zonal pada ketinggian 850 mb.

Banyak hal yang telah dikemukakan mengenai monsun Asia dan Australia ini menunjukkan betapa banyak hal yang dapat digali. Studi kali ini ingin mengkaji lebih jauh pola spasial maupun temporal dari ketidaksimetrisan antara monsun Asia dan Australia dengan menggunakan data *GPS Radio Occultation* dilihat dari distribusi profil kelembapan pada daerah monsun

Asia dan Australia dan kesimetrisan yang ada pada keduanya melalui indeks monsun (Asia: ISMI dan WNPMI; Australia: AUSMI).

2 DATA DAN METODOLOGI

Data indeks monsun yang digunakan adalah ISMI, WNPMI dan AUSMI, yang diperoleh dari data angin zonal pada level 850 mbar. Data indeks telah tersedia yang merupakan produk NCEP/NCAR Reanalysis pada situs <http://iprc.soest.hawaii.edu/users/ykaji/monsoon/definition.html>. Definisi ISMI, WNPMI, dan AUSMI diperlihatkan dalam Gambar 1. Rentang waktu indeks monsun adalah selama 60 tahun (Mei 1949-April 2009). Untuk menggambarkan profil kelembapan, sebagai data pendukung, digunakan data dari GPS *Radio Occultation* dari misi COSMIC selama 4 tahun (2007-2010) yang diunduh dari <http://cosmic-io.cosmic.ucar.edu/>.



Gambar 1. Definisi indeks monsun dari perata-rataan angin zonal 850 mb (U850).

ISMI = U850 (40^o- 80^oBT, 5^o-15^oLU) [zona 1] - U850 (70^o - 90^oBT, 20^o -30^oLU) [zona 2]

WNPMI = U850 (100^o- 130^oBT, 5^o-15^oLU) [zona 4] - U850 (110^o - 140^oBT, 20^o -30^oLU) [zona 5]

AUSMI = U850 (110^oBT-130^oBT, 15^oLS-5^oLS) [zona 3]

Sumber: iprc.soest.hawaii.edu/projects/monsoon/seasonal-monidx.html

Untuk mengetahui kuantitas kelembapan udara dan adanya kejadian presipitasi, maka dapat dilihat dari kuantitas temperatur udara dan temperatur titik embun dimana jika temperatur udara menjadi lebih dingin mendekati temperatur titik embun atau temperatur titik embun menghangat mendekati nilai temperatur udara, maka akan terbentuk awan dan saat temperatur udara sama dengan temperatur titik embun, maka menandakan kelembapan relatif mencapai jenuh dan terjadi presipitasi. Data GPSRO dengan resolusi vertikal yang tinggi digunakan untuk menghitung temperatur titik embun (T_d) dengan persamaan

$$T_d = \frac{b \times \gamma}{a - \gamma} \quad (1)$$

dengan $a = 17,271$; $b = 237,70C$; dan $\gamma = \frac{a \times T}{b + T} + \log\left(\frac{RH}{100}\right)$. Kelembapan relatif (RH) diperoleh dengan menggunakan persamaan

$$RH = \frac{e}{e^*} \times 100\% \quad (2)$$

dengan e adalah tekanan uap air dan e^* adalah tekanan uap air jenuh dengan formulasi

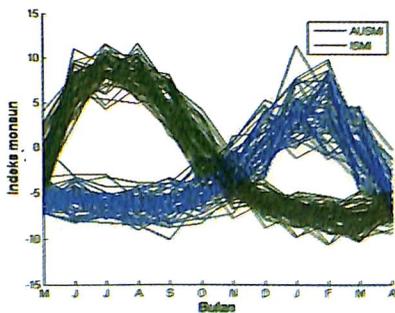
$$e^* = (1,0007 + 3,46 \times 10^{-6} p) \times 6,1121 \times \exp(17,502T/240,97 + T)$$

Persamaan (1) dan (2) diperoleh dari *American Meteorological Glossary*.

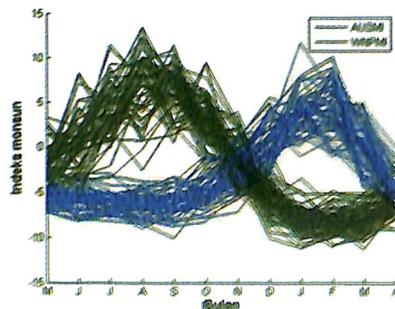
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL

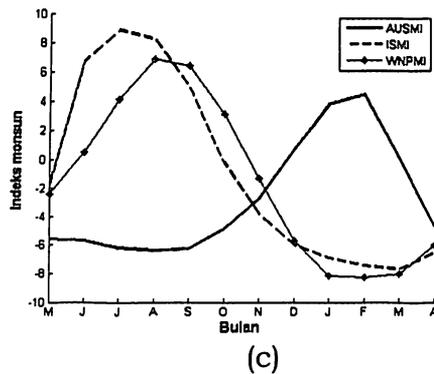
Indeks monsun ISMI, WNPMI, dan AUSMI selama 60 tahun dari 1949-2009 diplot secara tahunan untuk mengetahui bagaimana pola dan variabilitasnya.



(a)

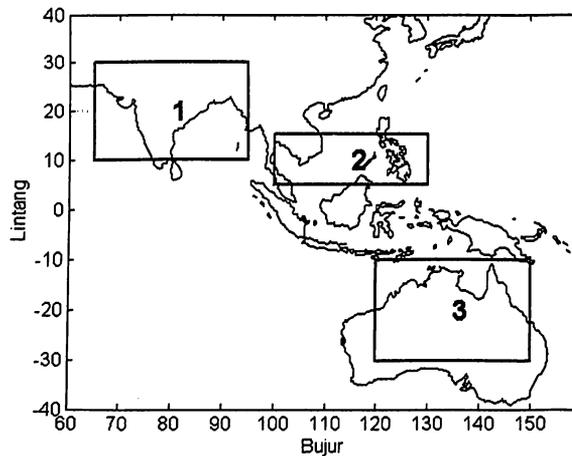


(b)



Gambar 2. (a) Indeks monsun AUSMI dan ISMI selama 60 tahun, (b) Indeks monsun AUSMI dan WNPMI selama 60 tahun, (c) Rata-rata indeks AUSMI, ISMI, dan WNPMI selama 60 tahun.

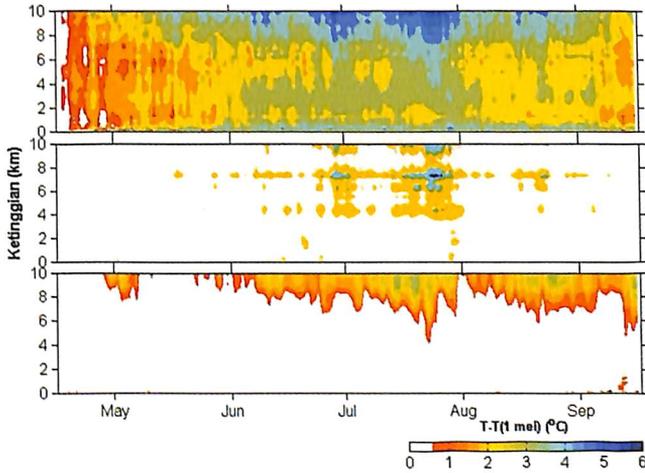
Dipilih tiga wilayah yang dipengaruhi oleh monsun Asia dan Australia di daerah Asia Selatan, Asia Timur, dan Australia untuk melihat pola profil kelembapannya. Berikut daerah-daerah yang menjadi area studi.



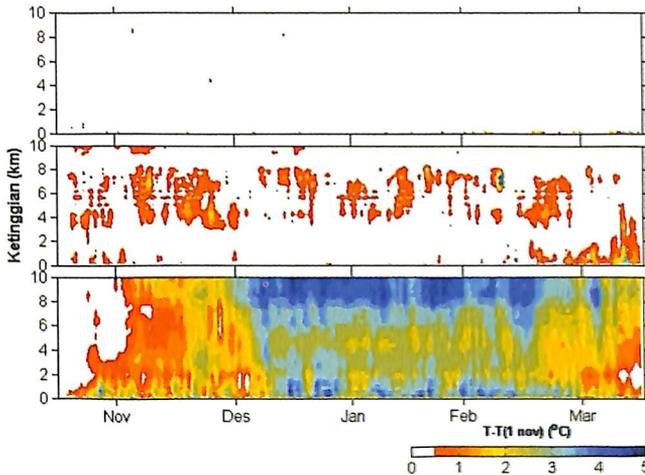
Gambar 3. Area yang dipengaruhi oleh monsun Asia (1 dan 2) dan monsun Australia (3)

Merujuk dari tulisan Webster pada ensiklopedia *Dynamical Theory of Monsoon*, dilakukan perhitungan temperatur pada zona 1, zona 2, dan zona 3 untuk melihat distribusi temperatur pada bulan Mei-September (musim panas di BBU) yang

direpresentasikan pada Gambar 3.4 dan pada bulan November-Maret (musim dingin di BBU) yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 4. Rata-rata perubahan temperatur udara di atas zona 1 (atas), zona 2 (tengah), dan zona (3) terhadap temperatur 1 Mei selama 4 tahun (2007-2010). Tanda tick waktu menunjukkan tengah bulan.



Gambar 5. Rata-rata perubahan temperatur udara di atas zona 1 (atas), zona 2 (tengah), dan zona 3 (bawah) terhadap temperatur 1 November selama 4 tahun (2007-2010). Tanda tick waktu menunjukkan tengah bulan.

Kondisi kelembapan udara ketiga zona yang dipilih diperlihatkan oleh Gambar 6 melalui selisih antara temperatur udara dengan temperatur titik embun.

dibandingkan WNPMI (lag time 2 bulan) dan AUSMI (lag time 3 bulan). Pada musim peralihan (SOND dan MAMJ) indeks monsun berubah dengan cepat setiap bulannya yang ditunjukkan dengan kemiringan grafik yang cukup curam. Perbedaan respon antara penguatan indeks monsun dengan posisi semu matahari mungkin disebabkan karena perbedaan luas daratan dan lautan dimana pada zona definisi ISMI, adanya daratan asia yang luas dibandingkan dengan zona AUSMI, dan pada area WNPMI sebagian besar adalah lautan seperti wilayah definisi AUSMI. Temperatur di daratan lebih cepat meningkat dibandingkan lautan karena kapasitas panasnya yang relatif lebih kecil. Dan adanya dataran tinggi Tibet di Asia dapat menjadi pengangkat panas yang berpengaruh terhadap monsun Asia, terutama monsun Asia Selatan.

Dipilih area dengan luas yang sama yang terpengaruh oleh monsun Asia (zona 1 (10 U – 30 U , 65-95 BT)) dan monsun Australia (zona 3 (30 S – 10 S , 120-150BT)), serta zona 2 untuk wilayah kajian di sekitar Laut Cina Selatan untuk mewakili daerah monsun Asia Timur-Tenggara untuk mengetahui bagaimana distribusi rata-rata temperatur vertikal pada saat monsun Asia dan Australia sedang dalam kondisi menguat dan melemah (Gambar 3). Gambar 4 menggambarkan perubahan rata-rata temperatur harian dari 1 Mei hingga 30 September dikurangi rata-rata temperatur per 1 Mei (tahun 2007-2010). Di wilayah Asia selatan (zona 1) terjadi peningkatan temperatur harian secara perlahan dan mencapai puncaknya di sekitar minggu kedua (tengah bulan) bulan Agustus, lalu berangsur menurun kembali secara bertahap dari pertengahan Agustus hingga September. Peningkatan temperatur di Asia Timur (daerah Laut Cina Selatan) berbeda dengan Asia selatan yang diwakili oleh daerah zona 2. Peningkatan temperatur secara umum sangat kecil, bahkan hampir tidak ada peningkatan temperatur di permukaan hingga ketinggian 4 km. Temperatur mulai sedikit meningkat pada awal Juni dan kenaikan maksimum terjadi pada sekitar pertengahan Agustus. Sedangkan, pada wilayah Australia (zona 3) tidak ada peningkatan temperatur di permukaan hingga ketinggian 4 km. Terdapat sedikit peningkatan temperatur di sekitar ketinggian 7-10 km dengan variasi kenaikan temperatur yang relatif sama. Zona 1 dan zona 2 berada di lintang yang sama

di utara ekuator sehingga daerah tersebut mendapatkan panas matahari dalam jumlah yang sama, namun respon pada kedua wilayah tersebut berbeda. Gambar 5 memperlihatkan kondisi profil rata-rata temperatur harian pada saat musim dingin BBU (November-Maret). Di Asia selatan tidak terdapat kenaikan temperatur, sedangkan di Asia Selatan terdapat sedikit kenaikan temperatur sebesar 0,5-1oC yang hampir terjadi setiap hari di ketinggian 3-8 km, sedangkan di Australia Utara terjadi kenaikan suhu secara perlahan dan mencapai maksimum pada akhir Desember hingga awal Maret relatif terhadap tanggal 1 November. Dari Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa kondisi topografi, distribusi luas daratan dan lautan dapat menjadi faktor yang menyebabkan adanya variasi ini. Pada saat musim panas dan musim dingin BBU, kondisi temperatur di zona 2 cenderung tidak mengalami banyak perubahan temperatur, sedangkan zona 1 memperlihatkan kondisi yang kontradiksi. Zona 2 terdiri atas daerah lautan yang luas, sedangkan zona 1 dan 3 didominasi oleh wilayah daratan. Kapasitas panas lautan yang lebih besar dalam menyimpan panas dan kapasitas panas daratan yang kecil menyebabkan adanya perbedaan tersebut.

Peningkatan temperatur dapat terjadi akibat adanya panas sensibel maupun panas laten. Untuk membedakannya, dapat dilihat dari kadar kelembapan udara yang dapat diperoleh dengan menghitung selisih antara temperatur udara dengan temperatur titik embun. Gambar 6 memperlihatkan kondisi kelembapan udara pada tiap-tiap zona. Profil kelembapan udara rata-rata harian dihitung melalui selisih antara temperatur udara dengan temperatur titik embun. Jika selisih antara temperatur udara dan temperatur titik embun semakin mendekati nol, maka dapat diartikan RH menuju 100%, yang menunjukkan keadaan uap air makin jenuh. Hal ini mengindikasikan adanya penguatan aktivitas konvektif. Gambar 6 menunjukkan bahwa adanya pola profil kelembapan udara yang jelas berbeda antara Asia (selatan dan timur) dan Australia utara. Kelembapan udara paling besar di daerah Laut Cina Selatan (diperlihatkan oleh warna biru tua) diantara ketiga zona. Hal ini mengindikasikan adanya aktifitas konvektif yang terjadi sepanjang tahun, mulai meningkat pada bulan Mei dan mencapai maksimum pada bulan JJAS. Perubahan kelembapan terjadi cukup signifikan pada bulan April-

Mei (meningkat) dan bulan November-Desember (menurun). Pada zona 1 pun terjadi aktifitas konveksi yang lebih banyak dibandingkan zona 3, namun tidak lebih besar dari zona 2. Perubahan kelembapan cukup besar pada bulan April-Mei (meningkat) dan bulan Oktober-November (menurun), dan maksimum pada bulan JJAS. Sedangkan zona 3 terjadi perubahan kelembapan udara secara perlahan (tidak signifikan). Konveksi yang terjadi di Australia terjadi secara bertahap dimana pada bulan DJF terjadi konveksi yang paling kuat selama tahun kalender, yang selanjutnya konveksi berkurang secara perlahan (Maret-November). Dari Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa peningkatan temperatur di Asia banyak diakibatkan oleh adanya panas laten, sedangkan di Australia didominasi oleh panas sensibel. Adanya variasi ini mendukung bahwa adanya pola ketidaksimetrisan antara monsun Asia dan Australia dimana proses konvektif yang terjadi di daerah Asia dapat berubah secara signifikan, sedangkan di Australia terjadi secara bertahap. Di sisi lain, jika dikaitkan dengan pola indeks monsun, terdapat kesesuaian antara peningkatan kelembapan dengan indeks monsun yang menguat. Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, bahwa salah satu faktor utama penggerak monsun adalah panas laten yang tersimpan melalui uap air. Hal ini menjelaskan bahwa peningkatan kelembapan udara diikuti oleh meningkatnya kekuatan monsun.

4. KESIMPULAN

Dua monsun, yaitu monsun Asia dan Australia, dapat dipandang sebagai satu kesatuan sistem. Analisis terhadap indeks monsun selama 60 tahun menguatkan hasil penelitian Hung, dkk dimana monsun Asia dan Australia memiliki kesimetrisan dikaji dari pola indeks monsun.

Perbedaan antara dua wilayah monsun, seperti distribusi daratan-lautan, ukuran benua, dan topografi menunjukkan ketidaksimetrisan distribusi sumber panas dan pola sirkulasi yang terkait dengan kedua monsun tersebut. Melalui profil kelembapan ditunjukkan pula bahwa peningkatan panas di Australia lebih didominasi oleh panas sensibel, sedangkan di Asia oleh panas laten. Perbedaan ini mempengaruhi kekuatan

monsun. Adanya kajian monsun yang ditinjau ini diharapkan dapat menambah pemahaman maupun pengetahuan mengenai sistem monsun, terutama monsun Asia dan Australia yang selanjutnya dapat menambah pemahaman mengenai kondisi iklim di Indonesia dimana Indonesia berada di antara ketiga monsun ini (monsun Asia Selatan, monsun Asia Timur, dan monsun Australia).

DAFTAR RUJUKAN

- Hung, C.W., Liu, X., dan Yanai, M. (2003): Symmetry and Asymmetry of the Asian and Australian Summer Monsoons, *Journal of Climate*, Volume 17.
- Wang, B., Wu, R., dan Lau, K.M. (2001): Interannual Variability of the Asian Summer Monsoon: Contrasts between the Indian and the Western North Pacific-East Asian Monsoon, *Journal of Climate*, Volume 14.
- Goswami, B.M. (2004): South Asian Summer Monsoon: An Overview, *Workshop Komite Internasional The Global Monsoon System: Research and Forecast*
- Noersomadi dan Trismidianto (2010): Identifikasi Pola Simetri Monsun Asia Timur dan Australia, *Prosiding Seminar Sains Atmosfer*
- Webster, P.J. dan Fasullo, J. (2003): Dynamical Theory, *Encyclopedia of Atmospheric Sciences-Monsoon*