

Analisis Pengaruh Monsun Dan Osilasi Dua Tahunan Troposfer Dalam Pola Curah Hujan Beberapa Daerah Di Benua Maritim Indonesia

Arief Suryantoro

Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim-LAPAN,
Jl.Dr.Junjungan 133, Bandung, 40173 Telp. (022)6037445, 6012602;
Fax. (022)6037443; e_mail : aiefs_40215@yahoo.com

ABSTRACT

Monsoon, also as known as Annual Oscillation (AO), and Tropospheric Biennial Oscillation (TBO) mode are examples of interannual variability of climate elements which have a great role on variability of climate elements, especially for rainfall, over most of Indonesian Maritime Continent region. The monsoon or AO, mainly caused by differences of specific heat between ocean and continent in relation with incoming solar radiation, and the other hand, the TBO caused by interactions among ocean, land, and atmosphere over the Asian and Australian monsoon regions, and the tropical Indian and Pacific ocean. The Monsoon or AO have a time period about 1 year, meanwhile the TBO AO have a time period about 2 to 3 years. Analysis of affect of AO and TBO phenomenon and association with pattern of rainfall over part of Indonesian Maritime Continent such as Padang, Pontianak, Manado, Jakarta, Surabaya and Makassar are discussed in this paper. The results obtained shows that the AO or Monsoon and TBO appear as a dominant phenomenon for the pattern of rainfall over part of Indonesian Maritime Continent such as Padang, Pontianak, Manado, Jakarta, Surabaya and Makassar, although that phenomenon appear as irregularly periodic and not only one of dominant phenomena which occur over those area. It's mean that, over Padang, Pontianak, Manado, Jakarta, Surabaya and Makassar, also occur other type rainfall pattern, may be as ISO (Intra Seasonal Oscillation) or MJO (Madden Julian Oscillation), SAO (Semi Annual Oscillation) and ENSO (El-Nino Southern Oscillation). The AO or Monsoon periods which appear over all areas are observed are about 10 through 14 month. Analogically case, the TBO periods which appear over areas are observed are 21 through 36 month for Padang, 21 through 37 month for Pontianak, 21 through 39 month for Manado, 21 through 37 month for Jakarta Kemayoran, 21 through 34 month for Surabaya and 22 through 34 month for Makassar.

INTISARI

Monsun (dikenal juga sebagai fenomena AO : Annual Oscillation) dan TBO (Tropospheric Biennial Oscillation) adalah contoh bentuk variasi tahunan dan antar tahunan elemen iklim (terutama curah hujan) yang sangat berpengaruh terhadap pola ataupun karakteristik elemen iklim (terutama curah hujan) di Benua Maritim Indonesia (BMI). Monsun utamanya terjadi karena adanya perbedaan sifat fisis (panas jenis) lautan dan daratan dalam interaksinya dengan sumber energi (panas) utama sistem iklim bumi, yaitu radiasi matahari. Monsun memiliki periode sekitar 1 tahunan. Disisi lain, TBO terjadi karena adanya interaksi antara lautan-daratan-atmosfer di daerah monsun Asia dan Australia, lautan India dan Pasifik (Barat, Tengah dan Timur) Tropis dan memiliki periode sekitar 2-3 tahun. Analisis hubungan pengaruh monsun dan osilasi dua tahunan troposfer (TBO) dalam pola curah hujan beberapa daerah di Benua Maritim Indonesia (Padang, Pontianak, Manado, Jakarta, Surabaya, dan Makassar) dibahas dalam makalah ini. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa fenomena osilasi tahunan (AO) dan osilasi dua tahunan troposfer(TBO) merupakan suatu fenomena yang berpengaruh terhadap pola curah hujan di daerah yang ditinjau tersebut, meskipun fenomena osilasi tahunan (AO) dan osilasi dua tahunan troposfer (TBO) ini muncul sebagai fenomena yang tidak periodik murni dan bukan

merupakan satu-satunya fenomena osilasi dominan yang muncul di daerah tersebut. Dengan perkataan lain, di daerah yang ditinjau tersebut juga muncul ragam osilasi curah hujan lainnya seperti osilasi submusiman (ISO : Intra Seasonal Oscillation, dikenal juga sebagai MJO : Madden Julian Oscillation), SAO (Semi Annual Oscillation) dan ENSO (El-Nino Southern Oscillation). Dalam rentang waktu pengamatan yang ditinjau di semua daerah tersebut periode AO (Monsun) curah hujan yang terjadi adalah 10-14 bulan. Sedang dalam hal kaitannya dengan TBO, periode TBO curah hujan yang terjadi didaerah-daerah yang ditinjau di atas adalah 21-36 bulan (Padang), 21-37 bulan (Pontianak), 21-39 bulan (Manado), 21-37 bulan (Jakarta Kemayoran), 21-34 bulan (Surabaya Tanjung Perak) dan terakhir adalah 22-34 bulan (Makassar).

Kata kunci : ISO (Intra Seasonal Oscillation), MJO (Madden Julian Oscillation), AO (Annual Oscillation), Monsun, TBO (Tropospheric Biennial Oscillation), ENSO (El-Nino Southern Oscillation).

1. Pendahuluan

Monsun di Indonesia adalah bagian dari Monsun Asia Timur dan Tenggara. Diantara ke lima daerah monsun yang ada di planet bumi kita ini, yang terdiri dari Monsun Afrika Barat, Monsun Afrika Timur, Monsun Asia Selatan, Monsun Asia Timur dan Tenggara dan Monsun Australia Utara maka Monsun Asia Timur dan Tenggara merupakan monsun yang berkembang paling baik. Hal ini disebabkan karena luas/besarnya Benua Asia dan efek dari dataran tinggi Tibet terhadap aliran udara. (Prawiwardoyo, 1996). Istilah *monsun* dalam bahasa Indonesia ataupun dalam makalah-makalah Sains Atmosfer berasal dari *mausim* dalam bahasa Arab, yang merujuk pada adanya perubahan angin secara musiman. (Ramage, 1971 *dalam* Suppiah, 1992). Namun demikian, sampai saat ini fenomena monsun masih menyimpan berbagai misteri, terutama dalam hal kaitannya variabilitas iklim tahunan dan antar tahunan di Benua Maritim Indonesia.

Saat monsun musim dingin belahan bumi selatan (SWM : Southern hemispherical Winter Monsoon, yang bersesuaian dengan periode JJA : Juni, Juli, Agustus) terdapat pelepasan massa, panas, dan udara lembab lintas belahan bumi dalam bentuk angin tenggara yang berasal dari tekanan tinggi atau anti siklon di atas benua Australia menuju arah barat laut atau barat barat laut dan bergabung dengan konveksi yang kuat sepanjang perjalannya di Benua Maritim Indonesia dan Samudera India. Karena pengaruh rotasi bumi, angin ini mengalami pembelokan arah setelah melewati khatulistiwa, kemudian berubah menjadi monsun barat daya menuju ke arah timur laut melewati bagian barat Indonesia,

menyusuri Asia Tenggara dan Laut Cina Selatan terus menuju pusat tekanan rendah di Benua Asia bagian selatan. Pada perioda ini, berbagai gangguan siklonik berkembang pada sirkulasi barat daya (south-westerly) level rendah seperti terjadinya vortek, siklon troposfer menengah, depresi monsun dan siklon tropis. Curah hujan yang besar juga terjadi di bagian Cina Tengah maupun Selatan, meskipun sumber uap lembab ini utamanya berasal dari daerah ekuator Indonesia, khususnya Kalimantan (Wang and Li, 1982; Lau and Li, 1984 *dari* Johnson and Houze, 1987). Monsun musim dingin belahan bumi selatan sangat tergantung dari sumber-sumber panas laten dan panas sensibel di atas dan di sekitar dataran Tibet. Sedangkan pengembangan dan pengendalian monsun musim dingin belahan bumi utara (NWM : Northern hemispherical Winter Monsoon, yang bersesuaian dengan perioda DJF : Desember, Januari, Februari), diatur oleh pemanasan konveksi yang intens di atas wilayah Indonesia dan bagian utara Australia yang berkaitan dengan hilangnya panas adveksi dan radiasi di atas daerah lintang menengah dan lintang tinggi di timur Asia.

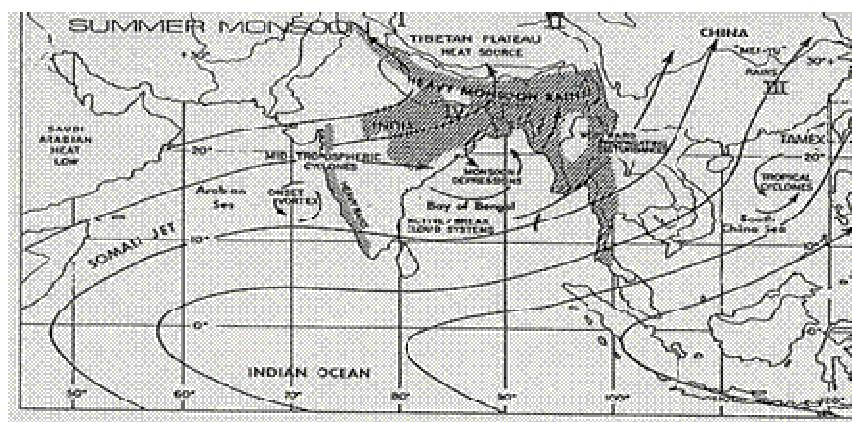
Disisi lain, osilasi dua tahunan troposfer (TBO : Tropospheric Biennial Oscillation) sebagai suatu proses fisis yang didalamnya melibatkan interaksi daratan-lautan-atmosfer di daerah monsun Asia Selatan, monsun Australia, lautan India Tropis, dan lautan Pasifik (Barat, Tengah dan Timur) Tropis, dalam perkembangannya kini menjadi kandidat/calon yang direkomendasikan oleh banyak peneliti dapat mengetahui beberapa proses terjadinya variabilitas antar tahunan berbagai elemen iklim utamanya di daerah India dan Pasifik Tropis, baik melalui kajian hasil pengamatan sebagaimana dikemukakan oleh Ropelewski et al., 1992; Yang et al., 1996; Yasunari, 1990; Yasunari and Seki, 1992; Tomita and Yasunari, 1996; Meehl, 1987, 1997; Meehl and Arblaster, 2002, maupun dari kajian dengan menggunakan model atmosfer, sebagaimana dilakukan oleh Ogasawara et al., 1999; Chang and Li, 2000. Dalam kaitan antara TBO dengan monsun, Meehl and Arblaster (2002) bahkan mendefinisikan bahwa TBO adalah suatu tendensi adanya keadaan monsun yang relatif kuat yang akan diikuti oleh keadaan monsun yang relatif lemah, dan sebaliknya, dengan kejadian transisi pada musim sebelum monsun dan didalamnya melibatkan interaksi daratan-lautan-

atmosfer di daerah monsun Asia Selatan, monsun Australia, lautan India Tropis, dan lautan Pasifik (Barat, Tengah dan Timur) Tropis.

Dari hal-hal tersebut di atas, terlihat bahwa pemahaman yang lebih rinci terhadap perilaku monsun dan TBO sebagai bagian dari sistem interaksi pasangan daratan-lautan-atmosfer di daerah Benua Maritim Indonesia merupakan hal yang penting. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan pemahaman karakteristik dan mekanisme proses fisis atmosfer khatulistiwa, khususnya untuk mengidentifikasi adanya variasi sub musiman dan musiman, variabilitas tahunan (monsun) dan antar tahunan (khususnya TBO) elemen iklim di Indonesia. Sasaran yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah diketahuinya pengaruh monsun dan TBO terhadap pola curah hujan beberapa daerah di Benua Maritim Indonesia (BMI), yang meliputi : Padang, Pontianak, Manado, Jakarta, Surabaya, dan Makassar.

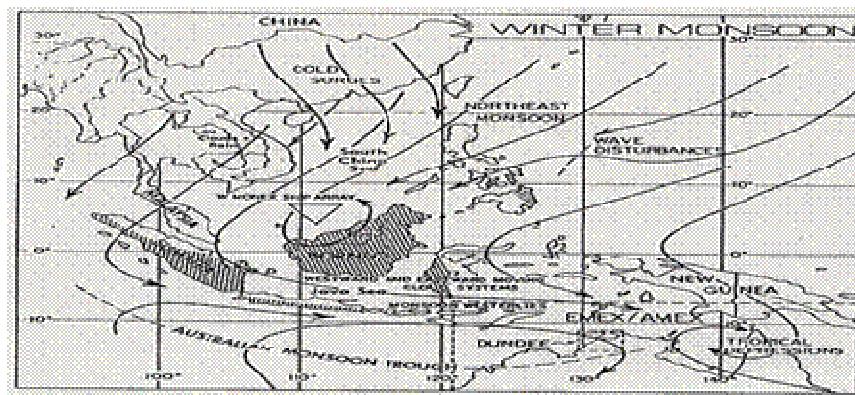
2. Tinjauan Pustaka

Gambaran umum pola sirkulasi angin permukaan perioda monsun musim dingin belahan bumi selatan (SWM : Southern hemispherical Winter Monsoon), dikenal juga dengan nama lain yaitu perioda monsun musim panas belahan bumi utara (NSM : Northern hemispherical Summer Monsoon), yang bersesuaian dengan perioda JJA : Juni, Juli, Agustus) disajikan dalam gambar (2.1.) berikut :



Gambar (2.1.) : Pola sirkulasi angin permukaan utama pada skala sinoptik yang mempengaruhi sistem perawan dan presipitasi di Indonesia dan sekitarnya saat monsun musim dingin belahan bumi selatan (SWM : Southern hemispherical Winter Monsoon). Perioda monsun musim dingin belahan bumi selatan ini bersesuaian dengan monsun musim panas belahan bumi utara (northern hemispherical summer monsoon). (Cobb and Coleby, 1969 dari Johnson and Houze, 1987).

Sedangkan gambaran umum pola sirkulasi angin permukaan perioda monsun musim panas belahan bumi selatan (SSM : Southern Summer Monsoon), yang nama lainnya adalah monsun musim dingin belahan bumi utara (NWM : Northern Winter Monsoon), bersesuaian dengan perioda DJF (Desember, Januari, Februari) disajikan dalam gambar (2.2.) berikut :



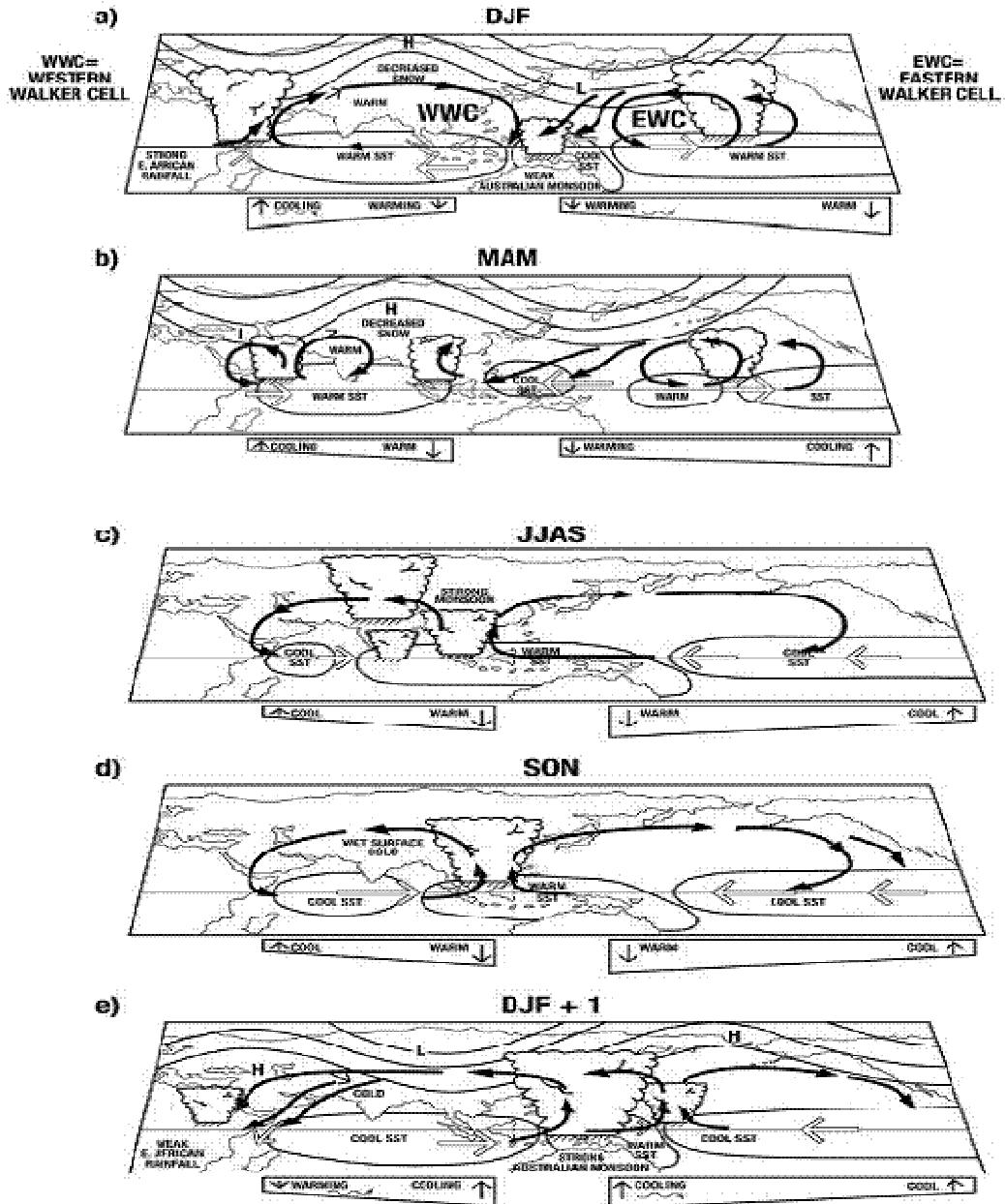
Gambar (2.2.) : Pola sirkulasi angin permukaan utama pada skala sinoptik yang mempengaruhi sistem perawan dan presipitasi di Indonesia dan sekitarnya saat monsun musim dingin belahan bumi utara (NWM : Northern hemispherical Winter Monsoon). (Cobb and Coleby, 1996 *dari* Johnson and Houze, 1987).

Dari gambar (2.2.) di atas terlihat bahwa pada saat monsun musim dingin belahan bumi utara (perioda NWM atau perioda DJF) konveksi yang intensif dan curah hujan yang deras dapat terjadi di seluruh daerah monsun (daerah tropis), meskipun secara normal fenomena tersebut hanya terjadi di daerah-daerah yang mempunyai forcing lokal maupun regional yang kuat (maksimum). Daerah berawan paling luas dalam daerah monsun ini berkaitan dengan daerah yang mempunyai intensitas curah hujan besar, membentang sepanjang dan ke arah utara dari daerah palung monsun di belahan bumi selatan, dari Sumatera melintasi Indonesia menuju Pasifik Barat Daya (Arkinson dan Sadler, 1970; Ramage, 1971; Sadler, 1977 *dari* Johnson and Houze, 1987). Dalam daerah ini, di atas Malaysia, Indonesia, Utara Australia dan Papua New Guinea terdapat variasi diurnal aktivitas konveksi yang intensif karena pengaruh / efek interaksi angin darat-laut / *land-sea breeze* (Holland and Keenan, 1980; Short and Wallace, 1980; Murakami, 1983 *dari* Johnson and Houze, 1987), dan variabilitas penjalaran ke

timur-barat sistem perawanannya (Williams, 1981; Mc. Bride, 1983 *dari* Johnson and Houze, 1987).

Disisi lain, osilasi dua tahunan troposfer (TBO), sebagai salah satu bentuk variabilitas antar tahunan elemen iklim (terutama curah hujan) yang juga berpengaruh besar terhadap pola curah hujan di Benua Maritim Indonesia, struktur spasio-temporalnya dan mekanismenya secara ringkas dapat disimak pada uraian berikut, yang berbasiskan kajian yang dilakukan oleh Meehl dan Arblaster (2002). Dalam mekanisme osilasi kuasi dua tahunan troposfer (TBO : Tropospheric Biennial Oscillation) yang diusulkan oleh Meehl and Arblaster (2002) ini terdapat beberapa unsur penting yang terkait erat didalamnya, yaitu interaksi antara pasangan daratan-lautan-atmosfer di wilayah Samudera India, sirkulasi timur-barat atmosfer tropis skala global, anomali pemanasan konveksi di atas Afrika dan Pasifik serta interaksi tropis-sub tropis di Belahan Bumi Utara (BBU). Dalam kaitannya dengan fenomena monsun, maka kekontrasan antara temperatur daratan dan lautan, serta kekontrasan temperatur troposfer meridional (utara-selatan) dengan anomali temperatur permukaan rata-rata di atas daerah Asia Selatan yang relatif tetap sepanjang 1 tahun (dalam satu siklus TBO) merupakan komponen penting dalam mekanisme osilasi kuasi dua tahunan troposfer (TBO) ini.

Ilustrasi skematis struktur spasio-temporal dan mekanisme osilasi kuasi dua tahunan troposfer (TBO) hasil kajian Meehl and Arblaster (2002) disajikan dalam gambar (2.3.) di bawah ini.



Gambar (2.3.) : Ilustrasi skematis struktur spasio-temporal dan mekanisme osilasi kuasi dua tahunan troposfer (TBO), (Meehl and Arblaster, 2002).

Secara lebih rinci struktur spasio-temporal dan mekanisme dalam siklus osilasi kuasi dua tahunan troposfer (TBO) dalam gambar (2.3.) di atas dapat diuraikan sebagai berikut : diawali dari DJF (panel paling atas, gambar (2.3.a.))

yang menunjukkan perioda musim dingin BBU sebelum datangnya perioda monsun kuat. Pada perioda DJF ini terjadi curah hujan yang relatif besar di atas Afrika Timur dan Pasifik Tropis dan keadaan monsun Australia yang lemah. Pola anomali temperatur muka laut yang terjadi adalah positif (+) di Samudera India dan Samudera Pasifik, serta negatif (-) Samudera Utara Australia. Anomali SST dan anomali konveksi telah terbentuk pada musim sebelumnya dalam siklus TBO ini. Anomali pemanasan konveksi tropis selama perioda DJF ini berkaitan dengan pola gelombang panjang di lintang tengah (sub tropis) dan anomali palung di atas Asia. Palung di atas Asia ini berkaitan pula dengan kondisi lebih panas dan lebih kering di Asia itu sendiri dan sekaligus menurunkan (memperkecil) tutupan salju.

Perioda berikutnya yaitu musim semi BBU yang dinotasikan sebagai MAM (panel ke dua dari atas, dalam gambar (2.3.b.)), monsun Australia yang lemah telah menyisakan keadaan temperatur muka laut di wilayah Indonesia dan Utara Australia relatif hangat, sementara temperatur muka laut di wilayah Pasifik Tropis relatif dingin. Karena pada perioda ini ITCZ (InterTropical Convergence Zone) berada di utara Katulistiwa maka terjadi keadaan pemanasan konveksi yang relatif lemah di Samudera Pasifik dan pemanasan konveksi yang relatif kuat di Benua Maritim Indnesia (BMI). Pola anomali pemanasan konveksi ini mengendalikan perilaku sirkulasi di lintang menengah (sub tropis) Asia dari awal musim DJF dengan anomali palung, melemahkan angin baratan troposfer tengah di atas Asia Selatan serta menyebabkan terjadinya temperatur permukaan daratan di daerah ini yang relatif hangat.

Perioda berikutnya yaitu musim panas BBU yang dinotasikan sebagai JJA (panel ke tiga dari atas, dalam gambar (2.3.c.)), anomali panas massa daratan di Asia Selatan menyebabkan terjadinya peningkatan kekontrasan temperatur daratan-lautan maupun kekontrasan temperatur troposfer meridional (utara-selatan). Hal ini memberikan kontribusi signifikan pada monsun yang kuat, sementara itu interaksi lautan-atmosfer menghasilkan pola anomali temperatur muka laut yang relatif dingin di Samudera India dan Samudera Pasifik, namun relatif panas di Benua Maritim Indonesia dan di Samudera Utara Australia. Pada perioda berikutnya, yaitu musim gugur BBU yang dinotasikan sebagai SON

(panel ke empat dari atas, dalam gambar (2.2.d.)) konveksi maksimum yang relative kuat bergerak ke selatan dan timur dengan siklus musiman dengan menyisakan keadaan yang relatif basah dan dingin di atas massa daratan Asia Selatan. Penguatan evaporasi dari permukaan daratan yang jenuh (saturated) sampai akhir musim gugur ini, dan kemudian diikuti oleh adanya musim dingin BBU tahun berikutnya yaitu perioda DJF+1 (panel paling bawah, gambar (2.3.e.)), dimana pada perioda DJF+1 ini monsun Australia yang kuat telah membentuk anomali temperatur muka laut yang relatif panas di daerah Utara Australia ini, sementara itu sirkulasi timur-barat atmosfer skala global (large scale) memberikan kontribusi pada penguatan konveksi di atas Afrika dan Samudera Pasifik Tropis Tengah (dimana anomali tempertur muka lautnya menjadi relatif dingin). Kombinasi anomali pemanasan konveksi di daerah tropis ini kemudian bergabung dengan sirkulasi lintang menengah, termasuk juga anomali palung di atas Asia. Bergabungnya adveksi udara dingin dari daerah lintang yang lebih tinggi ke dalam anomali pemanasan konveksi di daerah tropis dan anomali palung di atas Asia inilah yang mengatur dan mengendalikan kondisi dingin di atas massa daratan Asia Selatan yang mengakibatkan bertambah luasnya tutupan salju.

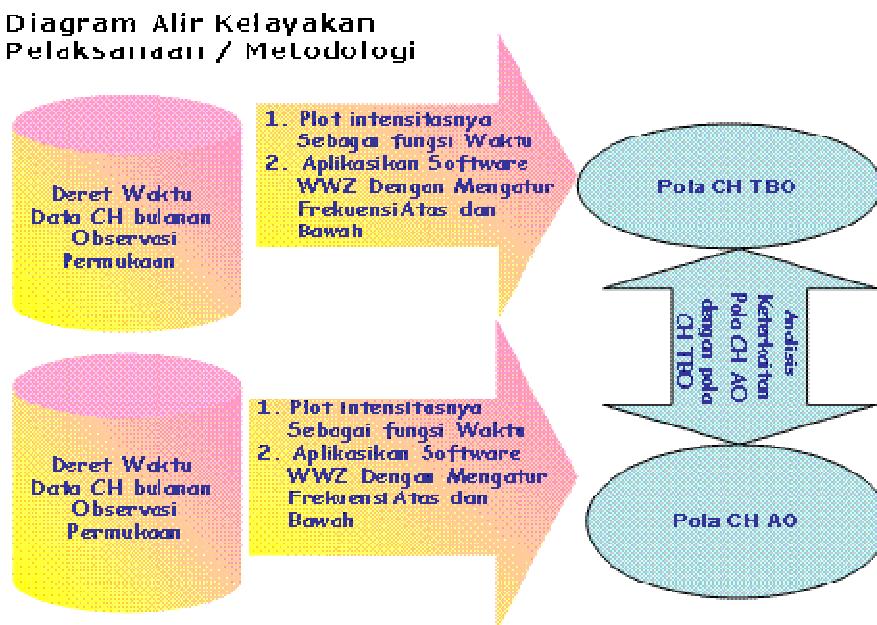
Perioda berikutnya yaitu musim semi BBU yang dinotasikan sebagai MAM+1, temperatur muka laut di Samudera Pasifik tropis mengalami transisi dari anomali temperatur muka laut negatif (-) menjadi adalah positif (+), dan konveksi maksimum menjadi lebih kuat di daerah Samudera Pasifik tropis ini yang menekan perkembangan konveksi di Benua Maritim Indonesia. Anomali pemanasan konveksi ini menyumbang pengendalian pola sirkulasi lintang menengah dari musim dingin BBU terdahulu dengan anomali palung di atas Asia Selatan dan meningkatkan sirkulasi baratan troposfer tengah. Anomali temperatur permukaan daratan di atas Asia Selatan yang dingin mengatur penurunan kekontrasan temperatur daratan-lautan dan gardien temperatur troposfer meridional (utara selatan) yang menyumbang terjadinya monsun lemah pada musim panas BBU berikutnya (perioda JJA+1). Pada perioda monsun lemah pada musim panas BBU (perioda JJA+1) ini konveksi maksimum bergerak ke

selatan dan timur dengan siklus musiman dan berada di daerah dekat Benua Maritim Indonesia yang memiliki anomali temperatur muka laut relatif dingin pada saat musim gugur BBU berikutnya (pada periode SON+1), dan monsun lemah pada musim sebelumnya telah meninggalkan keadaan yang relatif kering dan panas di atas massa daratan Asia Selatan, dan siklus ideal TBO ini kembali berlanjut seperti permulaan (ke periode DJF, panel paling atas, gambar (2.3.a.)).

3. Data dan Metodologi

Data yang dipergunakan dalam penelitian data curah hujan observasi permukaan di daerah-daerah : Padang, Pontianak, Manado, Jakarta, Surabaya, dan Makassar, sebagian besar dengan rentang waktu Januari 1951 sampai Desember 2002 (52 tahun), dengan frekuensi pengamatan : bulanan. Sumber data curah hujan observasi permukaan ini adalah Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG).

Diagram Alir Pelaksanaan / Metodologi dalam penelitian ini disajikan dalam gambar (3.4.) di bawah ini :



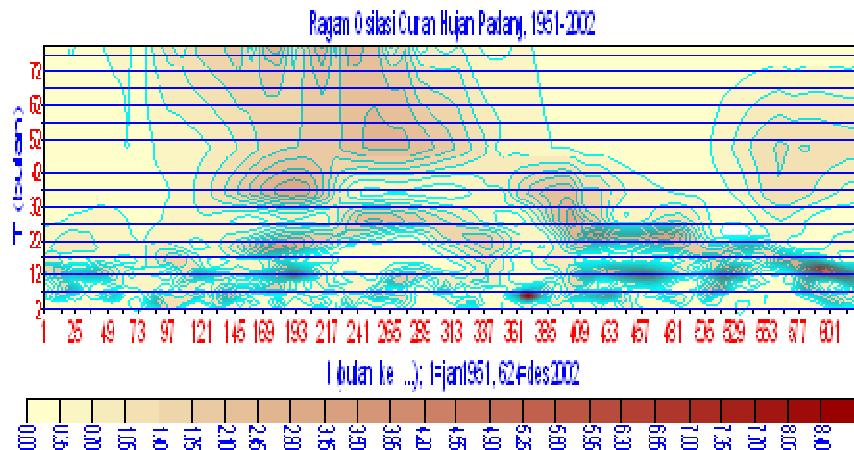
Gambar (3.4.) : Diagram Alir Pelaksanaan / Metodologi dalam penelitian

Keterangan :

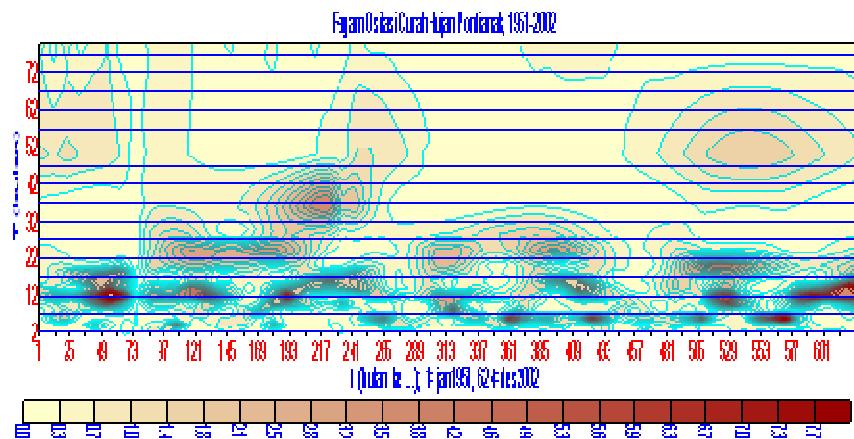
Dengan memanfaatkan perangkat lunak WWZ, (Foster, 1996; Suryantoro et al., 2001), dilakukan pengolahan deret waktu data curah hujan observasi permukaan yang diperoleh di tiap-tiap daerah pengamatan tersebut dengan mengatur filter data (frekuensi atas dan bawah) sehingga diperoleh pola osilasi data dengan periode sekitar 1 tahunan (yang menunjukkan pola AO/monsun), juga periode 2 sampai 3 tahun (yang menunjukkan pola TBO). Kemudian dilakukan pengecekan adanya nilai intensitas maksimum pada bulan-bulan DJF (Desember, Januari dan Februari) yang menunjukkan sebagai pola AO/monsun, dan juga dilakukan pengecekan adanya kenaikan intensitas curah hujan di satu musim panas (bulan-bulan JJA : Juni, Juli, Agustus) dan penurunan intensitas curah hujan di musim panas (JJA) berikutnya yang menunjukkan bahwa pada tahun yang ditinjau memang merupakan pola curah hujan TBO. Selanjutnya, dilakukan analisis pola keterkaitan pola AO/monsun dengan pola curah hujan TBO di daerah pengamatan yang ditinjau tersebut.

4. Hasil pengolahan data dan analisis

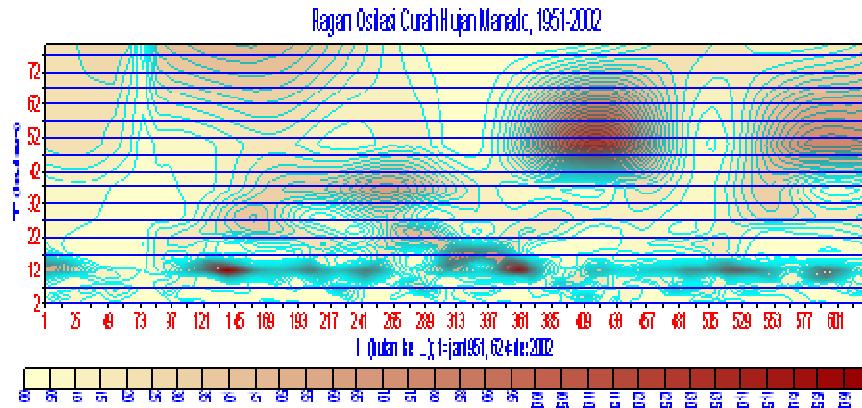
Hasil pengolahan data penelitian yang berupa spektra periodisitas atau ragam osilasi curah hujan yang menunjukkan hubungan pola-pola osilasi setengah tahunan (SAO : Semi Annual Oscillation), osilasi tahunan (AO : Annual Oscillation), osilasi 2 sampai 3 tahunan (TBO), dan osilasi 3 sampai 7 tahunan (ENSO) untuk daerah pengamatan Padang periode 1951-2002 disajikan dalam gambar (4.5.) di bawah ini. Hal yang analog, untuk daerah pengamatan Pontianak untuk periode pengamatan 1951-2002 disajikan dalam gambar (4.6.), daerah pengamatan Manado periode 1951-2002 ditunjukkaan dalam gambar (4.7.), daerah pengamatan Jakarta periode 1951-2002 disajikan dalam gambar (4.8.), daerah pengamatan Surabaya periode 1971-2002 disajikan dalam gambar (4.9.), dan untuk daerah pengamatan Makassar pada periode pengamatan 1951-2002 disajikan dalam gambar (4.10.) berikut ini.



Gambar (4.5.) :Ragam osilasi curah hujan yang menunjukkan hubungan pola-pola osilasi setengah tahunan (SAO : Semi Annual Oscillation) sebagai indikasi pola curah hujan ekuatorial, pola osilasi tahunan (AO : Annual Oscillation) sebagai indikasi pola curah hujan monsunal, pola osilasi dua sampai tiga tahunan (TBO), pola osilasi tiga sampai tujuh tahunan (ENSO) untuk daerah pengamatan Padang dalam rentang 1951-2002.



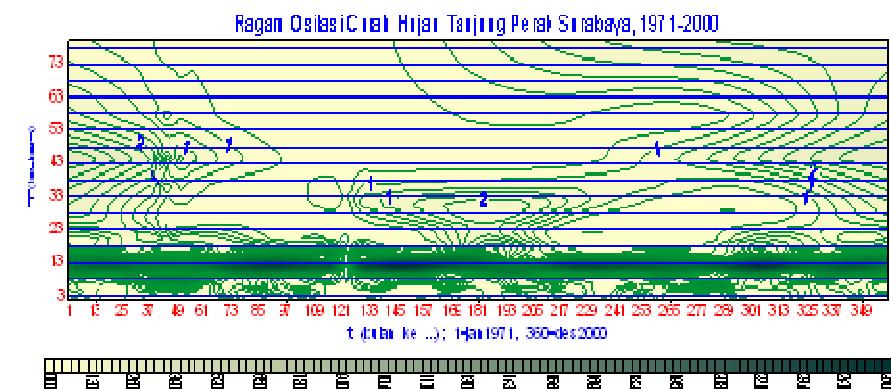
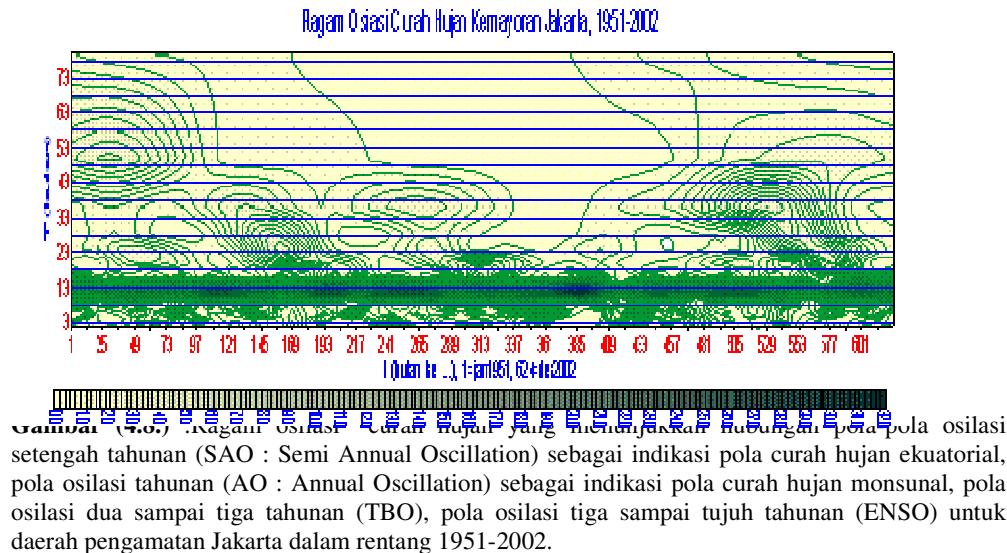
Gambar (4.6.) :Ragam osilasi curah hujan yang menunjukkan hubungan pola-pola osilasi setengah tahunan (SAO : Semi Annual Oscillation) sebagai indikasi pola curah hujan ekuatorial, pola osilasi tahunan (AO : Annual Oscillation) sebagai indikasi pola curah hujan monsunal, pola osilasi dua sampai tiga tahunan (TBO), pola osilasi tiga sampai tujuh tahunan (ENSO) untuk daerah pengamatan Pontianak dalam rentang 1951-2002.



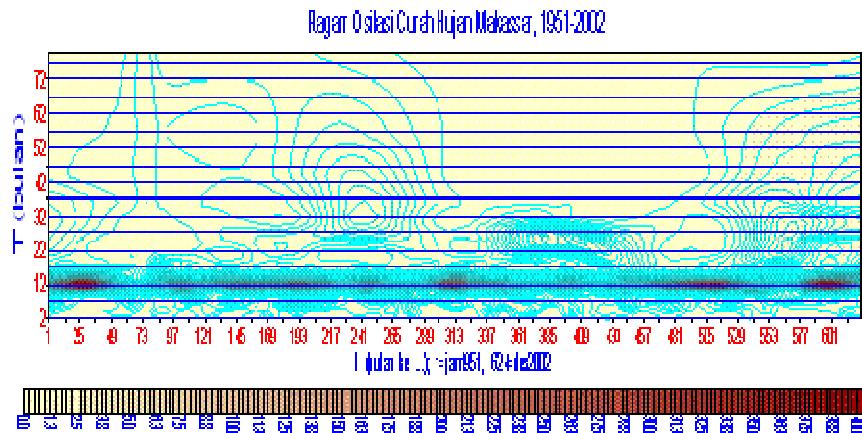
Gambar (4.7.) :Ragam osilasi curah hujan yang menunjukkan hubungan pola-pola osilasi setengah tahunan (SAO : Semi Annual Oscillation) sebagai indikasi pola curah hujan ekuatorial, pola osilasi tahunan (AO : Annual Oscillation) sebagai indikasi pola curah hujan monsunal, pola osilasi dua sampai tiga tahunan (TBO), pola osilasi tiga sampai tujuh tahunan (ENSO) untuk daerah pengamatan Manado dalam rentang 1951-2002.

Dari gambar (4.5.), (4.6.), dan (4.7.), yang masing-masing menunjukkan ragam osilasi curah hujan daerah Padang, Pontianak, dan Manado terlihat bahwa, meskipun ke tiga daerah ini di Benua Maritim Indonesia (BMI) dikenal sebagai daerah dengan pola dominan curah hujan ekuatorial (dikenal juga sebagai pola SAO : Semi Annual Oscillation), yang memiliki pengertian bahwa di ketiga daerah tersebut memiliki intensitas curah hujan tinggi sebanyak dua kali setiap tahunnya yaitu pada bulan-bulan Maret, April, Mei (periode musim peralihan I, dalam terminologi jenis-jenis musim di BMI) serta pada bulan-bulan September, Oktober, Nopember (periode musim peralihan II) namun pada studi ini menunjukkan adanya pola-pola lainnya di ketiga daerah tersebut. Pola-pola curah hujan lainnya yang juga muncul di Padang, Pontianak, dan Manado dalam rentang pengamatan 1951-2002 adalah pola osilasi curah hujan dengan periode 1 tahunan, yang dikenal juga sebagai pola AO (Annual Oscillation) ataupun pola monsunal, pola osilasi curah hujan dengan periode 2 sampai 3 tahunan, yang dikenal juga sebagai pola TBO (Tropospheric Biennial Oscillation), dan pola osilasi curah hujan dengan periode 3 sampai 7 tahunan, yang dikenal juga sebagai pola ENSO (El-Nino Southern Oscillation).

Hal ini sekaligus mengindikasikan bahwa berbagai fenomena alam penyebab terjadinya pola-pola curah hujan yang beragam di ketiga daerah tersebut saling berinteraksi satu sama lain. Jika fenomena-fenomena alam tersebut (SAO, AO, TBO, ENSO) dapat direpresentasikan dalam persamaan gelombang, maka secara kualitatif dapat difahami bahwa jika suatu saat di suatu tempat fenomena SAO (misalnya) dapat menjadi fenomena yang dominan, maka adalah suatu hal yang mungkin pula fenomena SAO ini mampu meredam munculnya fenomena lainnya, seperti fenomena AO, TBO, ataupun ENSO. Disaat yang lain, namun di tempat yang sama, dimungkinkan juga bahwa fenomena AO (misalnya) akan muncul sebagai fenomena yang dominan, yang mampu meredam munculnya fenomena lainnya, seperti fenomena SAO, TBO, ataupun ENSO. Demikian pula disaat yang lain lagi, namun di tempat yang sama, dimungkinkan juga bahwa fenomena TBO (misalnya) akan muncul sebagai fenomena yang dominan, yang mampu meredam munculnya fenomena lainnya, seperti fenomena SAO, AO, atau ENSO. Konsekwensi lainnya adalah fenomena-fenomena osilasi tersebut akan memiliki ir-regularitas perioda. Untuk fenomena TBO, dalam studi ini juga menunjukkan hal yang sama, yaitu ternyata TBO juga memiliki ir-regularitas perioda dalam kaitannya dengan ragam osilasi curah hujan di daerah Padang, Pontianak, dan Manado dalam rentang pengamatan 1951-2002. Faktor fisis apakah yang menyebabkan kejadian ini merupakan hal ataupun topik yang sangat menarik untuk dilakukan pada tahap penelitian berikutnya, sebagai kelanjutan dari penelitian ini. Namun demikian, jika mengadopsi hasil kajian yang dilakukan oleh Li et al. (2001) ketika menganalisis model TBO yang diusulkan oleh Chang dan Li (2000), diperoleh gambaran bahwa ir-regularitas dari TBO ini paling tidak dipengaruhi oleh 4 faktor utama, yaitu α (koefisien kopling atmosfer dan lautan, yang nilainya adalah $7 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sampai $12,5 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), γ (koefisien umpan balik termoklin dan temperatur muka laut, yang nilainya $0,12 \text{ K m}^{-1}$ sampai $0,22 \text{ K m}^{-1}$), T_w^z (gradien temperatur vertikal rata-rata di daerah Pasifik Barat tropis, yang nilainya $0,005 \times 10^{-2} \text{ K m}^{-1}$ sampai $0,020 \times 10^{-2} \text{ K m}^{-1}$) dan \bar{U}_1 (kecepatan angin zonal rata-rata tahunan di samudera India, yang nilainya 2 m s^{-1} sampai 5 ms^{-1}).



Gambar (4.9.) :Ragam osilasi curah hujan yang menunjukkan hubungan pola-pola osilasi setengah tahunan (SAO : Semi Annual Oscillation) sebagai indikasi pola curah hujan ekuatorial, pola osilasi tahunan (AO : Annual Oscillation) sebagai indikasi pola curah hujan monsunal, pola osilasi dua sampai tiga tahunan (TBO), pola osilasi tiga sampai tujuh tahunan (ENSO) untuk daerah pengamatan Surabaya dalam rentang 1971-2002.



Gambar (4.10.) :Ragam osilasi curah hujan yang menunjukkan hubungan pola-pola osilasi setengah tahunan (SAO : Semi Annual Oscillation) sebagai indikasi pola curah hujan ekuatorial, pola osilasi tahunan (AO : Annual Oscillation) sebagai indikasi pola curah hujan monsunal, pola osilasi dua sampai tiga tahunan (TBO), pola osilasi tiga sampai tujuh tahunan (ENSO) untuk daerah pengamatan Makassar dalam rentang 1951-2002.

Analog dengan gambar (4.5.), (4.6.), dan (4.7.) di atas, tampak bahwa dari gambar (4.8.), (4.9.), dan (4.10.) yang masing-masing menunjukkan ragam osilasi curah hujan daerah Jakarta, Surabaya, dan Makassar terlihat bahwa, meskipun ketiga daerah ini di Benua Maritim Indonesia (BMI) dikenal sebagai daerah dengan pola dominan curah hujan monsunal (dikenal juga sebagai pola AO : Annual Oscillation), yang memiliki pengertian bahwa di ketiga daerah tersebut memiliki intensitas curah hujan tinggi sebanyak satu kali setiap tahunnya yaitu pada bulan-bulan Desember, Januari, Februari (periode musim hujan, dalam terminologi jenis-jenis musim di BMI), namun pada studi ini juga menunjukkan adanya pola-pola lainnya di ketiga daerah tersebut. Pola-pola curah hujan lainnya yang juga muncul di Jakarta, Surabaya, dan Makassar dalam rentang pengamatan 1951-2002 adalah pola osilasi curah hujan dengan perioda setengah tahunan, yang dikenal juga sebagai pola SAO (Semi Annual Oscillation) ataupun pola ekuatorial, pola osilasi curah hujan dengan perioda 2 sampai 3 tahunan, yang dikenal juga sebagai pola TBO (Tropospheric Biennial Oscillation), dan pola osilasi curah hujan dengan perioda 3 sampai 7 tahunan, yang dikenal juga sebagai pola ENSO (El-Nino Southern Oscillation).

Hal ini sekaligus juga mengindikasikan bahwa berbagai fenomena alam penyebab terjadinya pola-pola curah hujan yang beragam di ketiga daerah tersebut saling berinteraksi satu sama lain. Konsekwensinya adalah fenomena-fenomena osilasi tersebut akan memiliki ir-regularitas perioda, dan secara kualitatif dapat difahami juga, bahwa jika suatu saat di suatu tempat fenomena SAO (misalnya) dapat menjadi fenomena yang dominan, maka adalah hal yang mungkin pula jika fenomena SAO ini mampu meredam munculnya fenomena lainnya, seperti fenomena AO, TBO, ataupun ENSO. Disaat yang lain, namun di tempat yang sama, dimungkinkan juga bahwa fenomena AO (misalnya) akan muncul sebagai fenomena yang dominan, yang mampu meredam munculnya fenomena lainnya, seperti fenomena SAO, TBO, ataupun ENSO. Demikian pula halnya disaat yang lain lagi, namun di tempat yang sama, dimungkinkan juga bahwa fenomena TBO (misalnya) akan muncul sebagai fenomena yang dominan, yang mampu meredam munculnya fenomena lainnya, seperti fenomena SAO, AO, ataupun ENSO. Dan di ketiga daerah pengamatan ini pun, ternyata TBO juga memiliki ir-regularitas perioda dalam kaitannya dengan ragam osilasi curah hujan lainnya.

Secara umum, di semua daerah yang ditinjau dalam penelitian ini (Padang, Pontianak, Manado, Jakarta, Surabaya, dan Makassar), fenomena monsun (pola AO) memiliki perioda antara 10 sampai 14 bulan, dan di daerah-daerah tersebut fenomena monsun ini juga memiliki ir-regularitas perioda, dalam pengertian bahwa tidak di setiap 12-14 bulan dalam rentang 1951-2002 fenomena monsun ini muncul dan memiliki intensitas/kekuatan yang sama. Sedang dalam hal kaitannya dengan fenomena osilasi dua tahunan troposfer (TBO), dalam studi ini diperoleh hasil bahwa di Padang, dalam rentang 1951-2002, TBO muncul sebanyak 14 kali, dengan perioda TBO terrendah adalah 21-22 bulan yang terjadi di tahun 1960, dan perioda TBO tertinggi adalah 35-36 bulan yang terjadi di tahun 1975-1977. Di daerah Pontianak, dalam rentang yang sama, TBO hanya muncul sebanyak 8 kali, dengan perioda TBO terrendah adalah 21-22 bulan yang terjadi di tahun 1976, dan perioda TBO tertinggi adalah 35-37 bulan yang terjadi di tahun 1969. Di daerah Manado, dalam rentang yang sama, TBO muncul sebanyak 15 kali, dengan perioda TBO terrendah adalah 21-23 bulan yang terjadi di tahun 1974-1975, dan

periode TBO tertinggi adalah 36-39 bulan yang terjadi di tahun 1972-1974. Namun, di daerah Jakarta dalam rentang yang sama, TBO muncul paling banyak, yaitu 17 kali, dengan periode TBO terrendah adalah 21-22 bulan yang terjadi di tahun 1956, dan periode TBO tertinggi adalah 33-37 bulan yang terjadi di tahun 1995. Di daerah Surabaya, dalam rentang yang berbeda, yaitu 1971-2000, TBO hanya muncul sebanyak 8 kali, dengan periode TBO terrendah adalah 21 bulan yang terjadi di tahun 1983, dan periode TBO tertinggi adalah 32-34 bulan yang terjadi di tahun 1978. Terakhir, di daerah Makassar, dalam rentang 1951-2002, TBO hanya muncul sebanyak 9 kali, dengan periode TBO terrendah adalah 22-23 bulan yang terjadi di tahun 1978-1979, dan periode TBO tertinggi adalah 30-34 bulan yang terjadi di tahun 1957-1958.

5. Kesimpulan

Dalam rentang waktu pengamatan (sebagian besar adalah dari 1951-2002, kecuali Surabaya) di semua daerah penelitian yang ditinjau dalam studi ini, yang meliputi : Padang, Pontianak, Manado, Jakarta, Surabaya, dan Makassar diperoleh gambaran bahwa fenomena monsun atau yang dikenal juga dengan fenomena osilasi tahunan (AO), dan osilasi dua tahunan troposfer(TBO) merupakan suatu fenomena yang berpengaruh terhadap pola curah hujan di daerah-daerah tersebut, meskipun fenomena osilasi tahunan (AO) dan osilasi dua tahunan troposfer (TBO) ini muncul sebagai fenomena yang tidak periodik murni (dalam pengertian fenomena tersebut memiliki ir-regularitas perioda) dan bukan merupakan satu-satunya fenomena osilasi dominan yang muncul di daerah tersebut. Dengan perkataan lain, di daerah yang ditinjau tersebut juga muncul ragam osilasi curah hujan lainnya seperti osilasi submusiman (ISO : Intra Seasonal Oscillation, dikenal juga sebagai MJO : Madden Julian Oscillation), SAO (Semi Annual Oscillation) dan ENSO (El-Nino Southern Oscillation). Di semua daerah tersebut periode AO (Monsun) curah hujan yang terjadi adalah 10-14 bulan. Sedang dalam hal kaitannya dengan TBO, maka periode TBO curah hujan yang terjadi adalah 21-36 bulan (Padang), 21-37 bulan (Pontianak), 21-39

bulan (Manado), 21-37 bulan (Jakarta Kemayoran), 21-34 bulan (Surabaya Tanjung Perak) dan terakhir adalah 22-34 bulan (Makassar).

Pengolahan data curah hujan untuk seluruh wilayah Benua Maritim Indonesia dengan resolusi spasial yang lebih rapat dianjurkan untuk dilakukan, sehingga dapat diperoleh gambaran ragam osilasi curah hujan di Indonesia secara lengkap/komplit.

Ucapan Terimakasih

Diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dra.Juniarti Visa atas bantuan pengumpulan data curah hujan observasi permukaan yang digunakan dalam penelitian ini. Terimakasih juga disampaikan kepada Drs. Bambang Siswanto, M.Si. dan Ir. Halimurrahman, M.T. atas saran-saran dan diskusi yang konstruktif selama ini. Penelitian ini merupakan bagian dari hasil Program Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, Lembaga Penerangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Tahun Anggaran 2007, Kode Proyek P-9, dengan Peneliti Utama : Drs.Arief Suryantoro, M.Si.

Daftar Pustaka

- Chang,C.P. and T.Li, 2000 : A Theory for the Tropospheric Biennial Oscillation, *J.Amos.Sci.*, **57**, 2209-2224.
- _____, Y.Zhang, and T.Li, 2001 : Interannual and Interdecadal Variations of the East Asian Summer Monsoon and Tropical Pacific SSTs. Part I : Roles of the Subtropical Ridge., *J.of Climate*, **13**, 4310-4325.
- Foster,G., 1996, Wavelets for Period Analysis of Unevenly Sampled Time Series, *the Astronomical Journal*, **112**, 1709-1729.
- Johnson, R.H. and R.A. Houze Jr., 1987, Precipitating Cloud Systems of the Asian Monsoon, dari Chang, C.P. and T.N. Krishnamurti (eds), **Meteorology Monsoon**, Clarendon Press, 298-353.
- Meehl.G.A., 1987 : The Annual Cycle and Interannual Variability in the Tropical Indian and Pacific Regions, *Mon.Wea.Rev.*, **115**, 27-50.
- _____, 1997 : The South Asian Monsoon and the Tropospheric Biennial Oscillation, *J.of Climate*, **10**, 1921-1943.
- _____, and J.M.Arblaster, 2002 : Indian Monsoon GCM Sensitivity Experiments Testing Tropospheric Biennial Oscillation Transition Conditions, *J.of Climate*, **15**, 923-944.
- Ogasawara,N., A.Kitoh, T.Yasunari and A.Noda, 1999 : Tropospheric Biennial Oscillation of the ENSO-Monsoon System in the MRI Coupled GCM, *J.Meteor.Soc.Japan*, **77**, 1247-1270.

- Prawiwardoyo, 1996, **Meteorologi**, Penerbit ITB, Bandung, 20-46, 167-186.
- Ropelewski,C.F., M.S.Halpert, and X.Wang, 1992 : Observed Tropospheric Biennial Variability and Its Relationship to the Southern Oscillation, *J.of Climate*, **5**, 594-614
- Suppiah,R., 1992, The Australian Summer Monsoon : A Review, *Progress in Physical Geography*, **v.16,no.3**, 283-318.
- Suryantoro,A., B.Tjasyono H.K., M.A.Ratag, T.Harjana, 2001, Analisis Aktivitas Konveksi di Benua Maritim Indonesia dan Sekitarnya Pada Periode Monsun Asia 1990-1997, *Prosiding Lokakarya, Program Iklim Nasional Terpadu*, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Jakarta, 174-187.
- Tomita,T., and T.Yasunari, 1996 : Role of the North East Winter Monsoon on the Biennial Oscillation of the ENSO/Monsoon System, *J.Meteor.Soc.Japan*, **74**, 399-413.
- Yang,S., K.M.Lau, and M.Sankar-Rao, 1996 : Percusory Signals Associated with the Interannual Variability of the Asian Summer Monsoon, *J.of Climate*, **9**, 949-964.
- Yasunari,T. and R.Suppiah, 1988 : Some Problem on the Interannual Variability of Indonesian Monsoon Rainfall, *Tropical Rainfall Measurements*, J.S.Theon and N.Fugano, Eds., Deepak, 113-122.
- _____, 1990 : Impact of Indian Monsoon on the Coupled Atmosphere/Ocean System in the Tropical Pacific, *Meteor.Atmos.Phys.*, **44**, 29-41.
- _____, and Y.Seki, 1992 : Role of the Asian Monsoon on the Interannual Variability of the Global Climate System, *J.Meteor.Soc.Japan*, **70**, 177-189.