

Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009

ANALISIS VARIABILITAS CURAH HUJAN MANADO 1951-2007 DAN FAKTOR UTAMA YANG MEMPENGARUHINYA

Arief Suryantoro,

Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim-LAPAN,
Jl.Dr.Junjunan 133, Bandung, 40173 Telp. (022)6037445, 6012602; Fax. (022)6037443
e_mail : ariefs_40215@yahoo.com ; ariefsurya@bdg.lapan.go.id

ABSTRACT

Indonesia Maritime Continent (IMC) which consist of thousands of big and small islands, separate by many seas and straits, lies in the tropical region and receive most of incoming solar radiation, lies between Asia and Australia continents and between Indian and Pacific Oceans, it's cause the IMC regions vulnerable to climate variability and changes. Analysis of rainfall variability over Manado, North of Sulawesi regions during 1951 to 2007 and dominant factors that affects this variability is discus in this paper. The objective of research is to know of rainfall variability over these regions during 1951 to 2007 and dominant factors that affect this variability. The results obtained shows that Manado regions has many types of rainfall variability, start from seasonal variation (SAO : Semi Annual Oscillation), annual variation (AO : Annual Oscillation), to inter annual variation (TBO : Tropospheric Biennial Oscillation and ENSO : El Nino Southern Oscillation). The seasonal variation of rainfall over these regions has 4 to 5 month time period and it's affected by displacements of ITCZ (InterTropical Convergence Zone) phenomenon. Furthermore, the annual variation of rainfall over these regions has 11 to 12 month time period and it's supposed affect by Asia and Australia Monsoon phenomena. Finally, the inter annual variation of rainfall variability over these regions has 23 to 38 month and 48 to 53 month time period for TBO and ENSO phenomena, respectively. The other results of this research shows good correlation between rainfall over Manado regions and sea surface temperature in the Western Tropical Pacific Ocean with values of correlation coefficient $r = 0.7468$ that occur in 1997. The analogically case, correlation between rainfall over Manado regions and sea surface temperature in the Tropical Indian Ocean also showing good correlation with values of correlation coefficient $r = - 0.7400$ that occur in 1971.

Keywords : seasonal (SAO), annual (AO), and inter annual (TBO and ENSO) variations of rainfall.

ABSTRAK

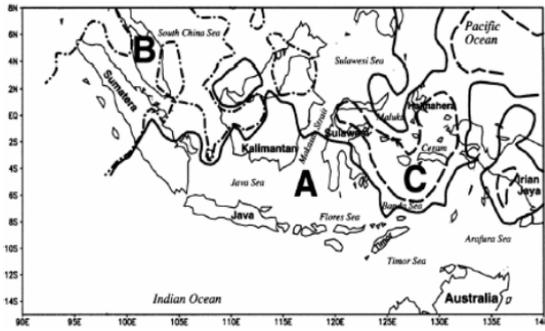
Benua Maritim Indonesia (BMI) yang terdiri dari ribuan pulau besar dan kecil, dipisahkan oleh banyak laut dan selat, terletak di daerah tropis yang menerima radiasi matahari paling banyak, terletak diantara dua benua yang besar (Asia dan Australia) dan dua lautan yang besar pula (samudera Hindia dan Pasifik) menyebabkan wilayah BMI ini rentan terhadap variabilitas dan perubahan iklim. Analisis variabilitas curah hujan Manado dalam rentang pengamatan 1951-2007 dan faktor utama yang mempengaruhinya dibahas dalam makalah ini. Sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah diketahuinya ragam variabilitas curah hujan dan faktor utama yang mempengaruhi terjadinya variabilitas curah hujan tersebut. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa curah hujan daerah Manado memiliki variabilitas yang beragam, mulai dari musiman, tahunan dan antar tahunan (TBO : Tropospheric Biennial Oscillation, dan ENSO : El Nino Southern Oscillation). Variabilitas musiman curah hujan di Manado memiliki perioda sekitar 4-5 bulan. Faktor utama penyebab variabilitas curah hujan musiman adalah fenomena pergeseran pita konvergensi intertropis (ITCZ : InterTropical Convergence Zone). Selanjutnya, variabilitas tahunan curah hujan di Manado memiliki perioda sekitar 11-12 bulan. Faktor utama penyebab variabilitas curah hujan tahunan adalah fenomena monsun Asia dan monsun Australia. Selanjutnya, variabilitas antar tahunan curah hujan di Manado terjadi dengan perioda sekitar 23-38 bulan. Faktor utama penyebab variabilitas curah hujan antar tahunan ini adalah fenomena osilasi dua tahunan troposfer (TBO). Selain itu, variabilitas antar tahunan curah hujan di Manado terjadi dengan perioda sekitar 48-53 bulan. Faktor utama penyebab variabilitas curah hujan antar tahunan ini adalah fenomena ENSO. Hasil lain yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan nilai koefisien korelasi antara curah hujan Manado dengan suhu muka laut di Samudera Pasifik Barat Tropis adalah $r = 0,7468$ yang terjadi di tahun 1997. Sedangkan koefisien korelasi antara curah hujan Manado dengan suhu muka laut di Samudera India tropis adalah $r = - 0,7400$ yang terjadi di tahun 1971.

Kata kunci : variabilitas curah hujan musiman (SAO), tahunan (AO), antar tahunan (TBO dan ENSO).

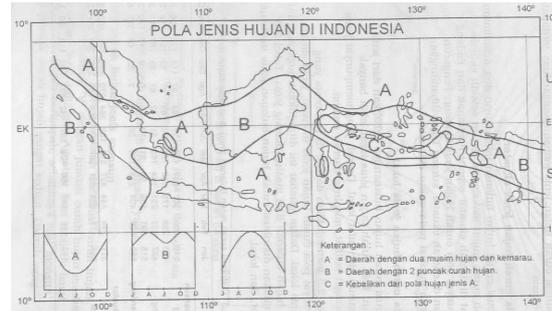
1. Pendahuluan

Benua Maritim Indonesia (BMI) yang terdiri dari ribuan pulau besar dan kecil, dipisahkan oleh banyak laut dan selat, terletak di daerah tropis yang menerima radiasi matahari paling banyak, terletak diantara dua benua yang besar (Asia dan Australia) dan dua lautan yang besar pula (samudera Hindia dan Pasifik) menyebabkan wilayah BMI ini rentan terhadap variabilitas dan perubahan iklim. Perlu dibedakan dengan tegas pengertian variabilitas dan perubahan iklim. Perubahan iklim adalah perubahan elemen iklim (unsur iklim), khususnya suhu udara dan curah hujan, yang terjadi secara berangsur-angsur dalam jangka waktu yang panjang, antara 50 sampai 100 tahun (*inter centennial*) yang diakibatkan oleh aktivitas manusia (*anthropogenic*), khususnya yang berkaitan dengan pemakaian bahan bakar fosil dan alih guna lahan. Aktivitas manusia yang dimaksud disini adalah kegiatan yang telah menyebabkan peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, khususnya gas karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan nitrous oksida (NO₂). Gas-gas inilah yang selanjutnya mentukan peningkatan suhu udara, karena sifatnya yang seperti kaca, yaitu dapat meneruskan radiasi gelombang pendek yang tidak bersifat panas, tetapi menahan radiasi gelombang panjang yang bersifat panas. Akibatnya, atmosfer bumi makin panas dengan laju setara dengan laju perubahan konsentrasi gas rumah kaca. (Administrator Website Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2009). Perubahan yang disebabkan oleh faktor-faktor alami, seperti tambahan aerosol dari letusan gunung berapi tidak diperhitungkan dalam pengertian perubahan iklim. Fenomena iklim global seperti El-Nino, La-Nina, IOD (*Indian Ocean Dipole*), MJO (*Madden Julian Oscillation*), TBO (*Tropospheric Biennial Oscillation*) dan fenomena iklim regional seperti sirkulasi monsun dari sistem monsun Asia Timur dan Tenggara, monsun Asia Selatan, monsun Australia Utara, daerah pertemuan angin antar tropis (angin pasat timur laut dan angin pasat tenggara) yang dikenal sebagai DKIT (Daerah Konvergensi InterTropis) atau ITCZ (*Inter Tropical Convergence Zone*) tidak termasuk faktor perubahan iklim, tetapi lebih merupakan faktor utama penyebab terjadinya variabilitas iklim Indonesia, selain fenomena lokal di BMI sendiri seperti banyaknya gunung dan pegunungan serta panjangnya garis pantai. Dengan demikian, fenomena alam seperti El-Nino dan La-Nina yang memiliki perioda 3 sampai 7 tahunan, TBO yang memiliki perioda 2 sampai 3 tahunan, Monsun (*AO : Annual Oscillation*) yang memiliki perioda sekitar 1 tahunan, SAO (*Semi Annual Oscillation*) yang memiliki perioda sekitar 1 musiman (setengah tahunan), IOD dan MJO yang memiliki perioda sekitar 20-90 hari adalah merupakan contoh variabilitas iklim.

Manado, yang secara geografis berada pada posisi sekitar 1° LU; 125° BT ternyata memiliki pola curah hujan monsun (bukan pola curah hujan ekuatorial, sebagaimana kebanyakan daerah di Indonesia yang berada di dekat garis ekuator seperti daerah Padang dan Pontianak). Hal ini tentu merupakan hal yang menarik untuk ditelaah lebih lanjut. Pola curah hujan monsun adalah salah satu pola curah hujan yang terdapat di Indonesia, yang memiliki puncak intensitas curah hujan maksimum satu kali dalam satu tahun (uni modal), yang terjadi antara bulan Desember, Januari atau Februari. Pada pola ini, intensitas minimum curah hujan terjadi pada bulan Juni, Juli, atau Agustus. Pola curah hujan ekuatorial adalah pola lain yang terdapat di Indonesia, yang memiliki puncak intensitas curah hujan maksimum dua kali dalam satu tahun (bi-modal), yang terjadi antara bulan Maret, April atau Mei dan pada perioda bulan September, Oktober atau Nopember. Jenis pola curah hujan ketiga yang terdapat di Indonesia dikenal dengan nama pola lokal atau pola anti monsun. Pada pola lokal ini, puncak intensitas curah hujan maksimum juga terjadi satu kali dalam satu tahun (uni modal), namun antara bulan Juni, Juli atau Agustus. Ketiga pola curah hujan yang ada di Indonesia ini dapat dilihat pada gambar (1.1.a.) dan (1.1.b.) berikut, yang merupakan hasil kajian Adrian dan Susanto (2003) dan Tjasyono (2004).



Gambar (1.1.a.) : Zonasi pola curah hujan Indonesia, yang menunjukkan adanya pola-pola curah hujan ekuatorial (B), monsonal (A) dan lokal (C). Aldrian dan Susanto (2003).



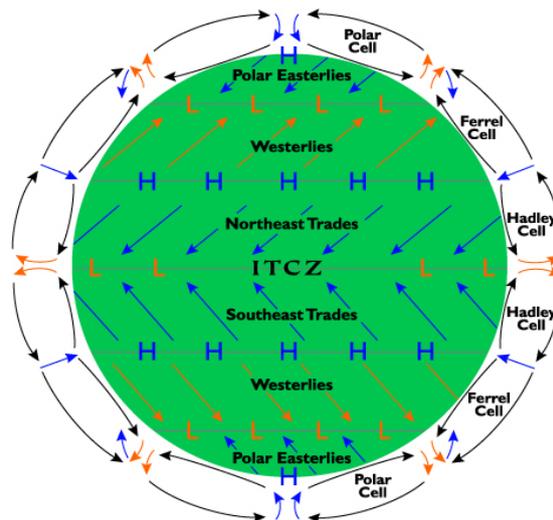
Gambar (1.1.b.) : Zonasi pola curah hujan Indonesia, yang menunjukkan adanya pola-pola curah hujan ekuatorial (B), monsonal (A) dan lokal (C). Tjasyono (2004).

Dari hal-hal tersebut di atas, maka analisis variabilitas curah hujan Indonesia pada umumnya dan Manado pada khususnya dan faktor-faktor utama yang mempengaruhinya merupakan hal yang menarik untuk dilakukan. Sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah diketahuinya ragam variabilitas curah hujan di daerah Manado dan faktor utama yang mempengaruhi terjadinya variabilitas curah hujan tersebut.

2. Fenomena utama penyebab terjadinya variabilitas iklim Indonesia

2.1. Fenomena DKIT (Daerah Konvergensi Inter-Tropis)

Di sekitar daerah ekuator yang tekanannya rendah, angin akan memusat dan naik, dan angin permukaan menjadi lemah atau berubah. Daerah pita (*belt*) bertekanan rendah di sekitar ekuator disebut dengan berbagai nama, seperti daerah melemem (*lesu*), tekanan rendah ekuator, palung ekuator, pita konvergensi ekuator, ekuator klimatologis, Daerah Konvergensi InterTropis (DKIT) atau ITCZ (*Inter-Tropical Convergence Zone*). Nama terakhir adalah istilah yang sesuai dan sering dipakai. Pola angin secara lengkap disajikan dalam gambar (2.2.a.) berikut :



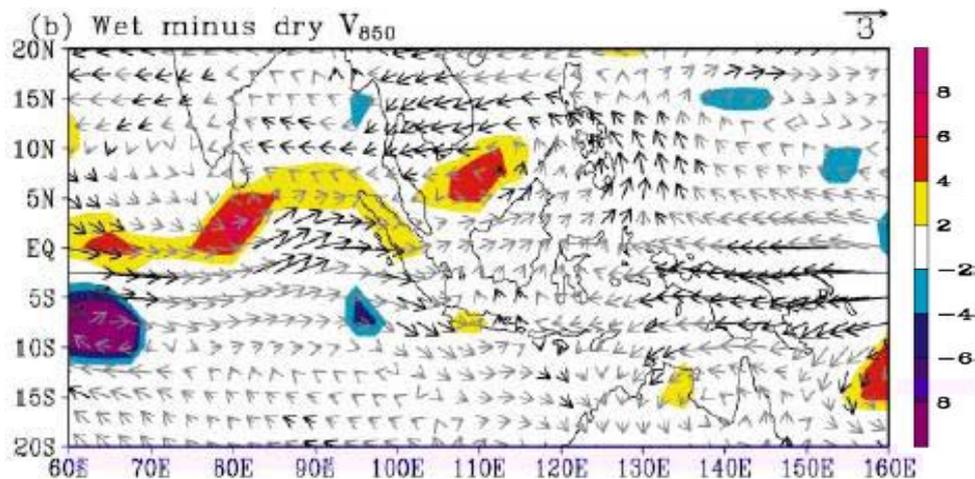
Gambar (2.2.a.) : Bagan pola angin dan tekanan udara secara umum.
 (http://www.newmediastudio.org/DataDiscovery/Hurr_ED_Center/Stages_of_Hurricane_Dev/ITCZ/ITCZ.html download 5 Maret 2009).

Dari gambar (2.2.a.) di atas terlihat bahwa, pada masing-masing sisi daerah konvergensi intertropis berhembus angin pasat timur laut di belahan bumi utara, dan angin pasat tenggara di

belahan bumi selatan. Meskipun gaya gradien tekanan berarah dari tekanan tinggi sub tropis menuju daerah konvergensi intertropis, angin dibelokkan oleh rotasi bumi sehingga angin membuat sudut pada waktu mendekati ekuator. Sumber dari angin pasat adalah tekanan tinggi sub tropis, yang sering juga disebut sebagai “*lintang kuda*”.

2.2. Fenomena Monsun

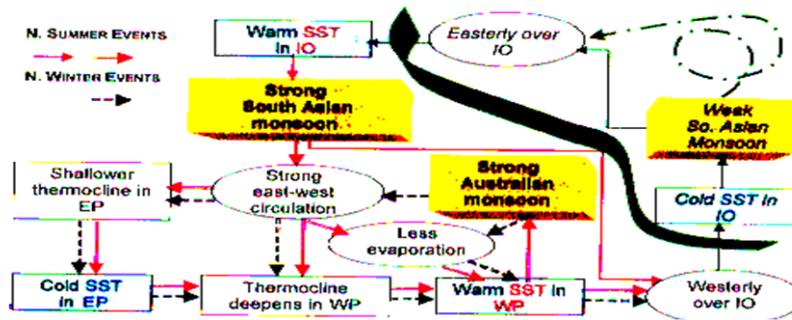
Monsun di Indonesia adalah bagian dari Monsun Asia Timur dan Tenggara. Saat monsun musim dingin belahan bumi selatan (SWM : Southern hemispherical Winter Monsoon, yang bersesuaian dengan perioda JJA : Juni, Juli, Agustus) terdapat pelepasan massa, panas, dan udara lembab lintas belahan bumi dalam bentuk 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 perjalanannya 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. 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. Prawirowardoyo (1996). Secara ringkas keadaan tersebut di atas oleh Chang et al (2004) disajikan dalam gambar (2.3.) berikut :



Gambar (2.3.) : Pola angin 850 hPa pada perioda Desember, Januari, Februari yang bersesuaian dengan perioda monsun musim dingin belahan bumi utara (NWM : Northern Winter Monsoon), dikurangi pola angin 850 hPa pada perioda Juni, Juli, Agustus yang bersesuaian dengan perioda monsun musim panas belahan bumi utara (NSM : Northern hemispherical Summer Monsoon), dan selisih curah hujan yang terjadi di kedua perioda tersebut. Chang et al. (2004).

2.3. Fenomena TBO

Fenomena global TBO (*Tropospheric Biennial Oscillation*) adalah salah satu bentuk variasi antar tahunan elemen iklim di lapisan troposfer (dari permukaan sampai troposfer atas bahkan sampai tropopause) dengan perioda sekitar 2-3 tahun yang terjadi karena adanya interaksi antara lautan-daratan-atmosfer di daerah monsun Asia, monsun Australia, lautan India Tropis dan lautan Pasifik (Barat, Tengah dan Timur) Tropis. Salah satu karakteristik fenomena TBO curah hujan sebagai bagian dari sistem pasangan (couple) interaksi lautan-daratan-atmosfer di daerah monsun yang penting adalah adanya kenaikan curah hujan di satu musim panas dan adanya penurunan curah hujan di musim panas berikutnya. (Webster et al., 1998). Ilustrasi skematis mekanisme osilasi kuasi dua tahunan troposfer (TBO) yang merupakan kajian dari Chang dan Li, 2000 disajikan dalam gambar (2.4.) di bawah ini.



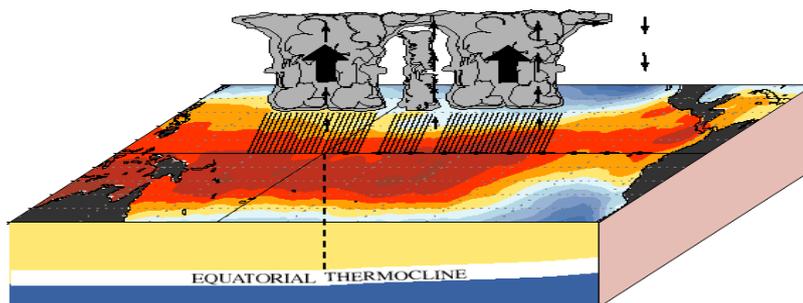
Gambar (2.4.) : Ilustrasi skematis yang menggambarkan interaksi antara monsun, lautan dan atmosfer, yang menunjukkan osilasi dua tahunan (biennial) dalam model CL00. Chang dan Li (2000).

Dalam gambar (2.4.), penyebab dan akibat dari kejadian (event) monsun kuat dengan sebarisan pengatur perkembangan pada monsun musim panas BBU (Belahan Bumi Utara) yang ditampilkan oleh dua garis penuh warna merah, dan sebaliknya pengatur perkembangan pada monsun musim dingin BBU yang ditampilkan oleh satu garis putus-putus warna hitam disajikan di sisi kiri, sedangkan rangkaian diagram yang menggambarkan kejadian pada kejadian monsun lemah hanya secara simbolik ditampilkan dalam gambar (2.4.) di sisi kanan, karena secara detilnya, kejadian monsun lemah ini adalah bayangan cermin dari kejadian monsun kuat. Dua kejadian monsun ini dipisahkan oleh pita dalam gambar (2.4.). Perkembangan dan kejadian selama monsun musim panas BBU mengikuti garis penuh dan panah warna merah, dan sebaliknya perkembangan dan kejadian selama monsun musim dingin BBU mengikuti garis putus-putus dan panah warna hitam.

2.4. Fenomena El Nino dan La Nina

Fenomena global El-Nino merupakan dari sistem interaksi lautan-atmosfer, yang ditandai dengan memanasnya suhu muka laut di Ekuator Pasifik Timur ($5^{\circ}\text{LU}-5^{\circ}\text{LS}$; $150^{\circ}\text{BB}-90^{\circ}\text{BB}$), yang dikenal sebagai wilayah Nino-3, atau anomali suhu muka laut di wilayah tersebut positif (lebih panas dari rata-rata klimatologisnya). Fenomena El-Nino secara umum menyebabkan curah hujan di sebagian besar wilayah BMI berkurang. Namun demikian, mengingat luasnya wilayah BMI, tidak seluruh wilayah Indonesia dipengaruhi oleh El-Nino. Ilustrasi proses / mekanisme fenomena El-Nino secara skematis di sajikan dalam gambar (2.5.a.) berikut :

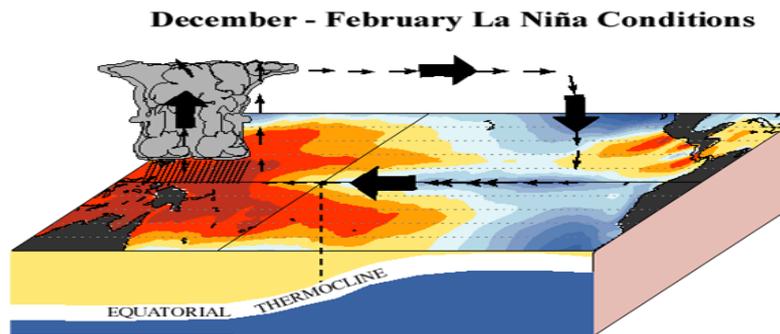
December - February El Niño Conditions



Gambar (2.5.a.) : Ilustrasi proses / mekanisme saat ada El-Nino pada musim basah (periode DJF : Desember, Januari, Februari). Sumber gambar (3.5.c.) di atas adalah :
http://earthguide.ucsd.edu/virtualmuseum/climatechange1/11_1.shtml...03/24/2009

Fenomena global La-Nina merupakan kebalikan dari El-Nino, ditandai dengan anomali suhu muka laut di wilayah Pasifik Tengah ($5^{\circ}\text{LU}-5^{\circ}\text{LS}$; $170^{\circ}\text{BB}-120^{\circ}\text{BB}$) negatif (lebih dingin dari rata-rata klimatologisnya). Fenomena La-Nina secara umum menyebabkan curah hujan di sebagian besar wilayah BMI meningkat. Namun demikian, mengingat luasnya wilayah BMI, tidak seluruh wilayah Indonesia dipengaruhi oleh La-Nina. Ilustrasi proses / mekanisme fenomena La-Nina

secara skematis di sajikan dalam gambar (2.5.b.) berikut :



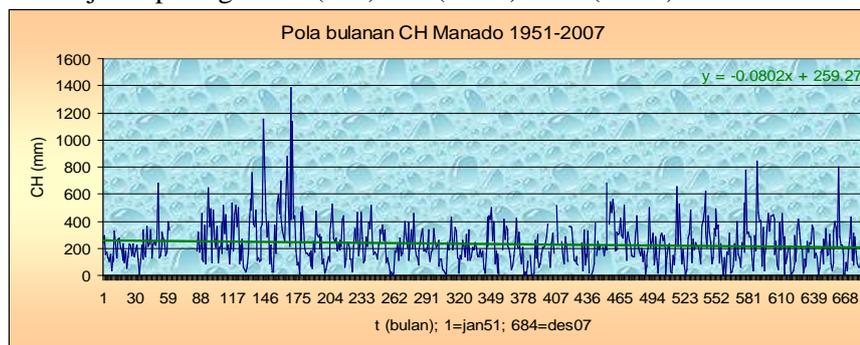
Gambar (2.5.b.) : Ilustrasi proses / mekanisme saat ada La-Nina pada musim basah (periode DJF : Desember, Januari, Februari). Sumber gambar (3.5.d.) di atas adalah : http://earthguide.ucsd.edu/virtualmuseum/climatechange1/11_1.shtml...03/24/2009

3. Data dan Metode

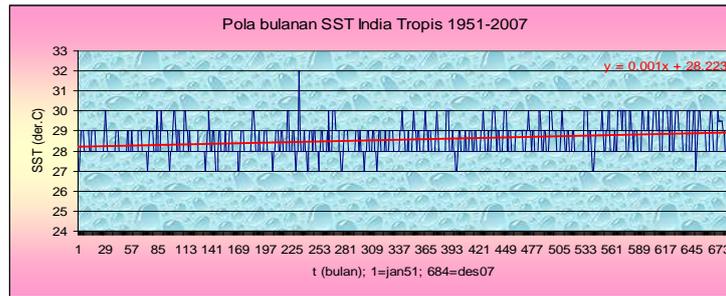
Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan curah hujan daerah Kayuwatu, Manado, Sulawesi Utara (01,55°LU, 124,92°BT) periode pengamatan 1951-2007. Sumber data di atas adalah BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) Jakarta. Data berikutnya adalah data suhu muka laut bulanan daerah Samudera India Tropis (5°LU-5°LS, 60°BT-120°BT) dan Samudera Pasifik Barat Tropis (5°LU-5°LS, 120°BT-160°BT) periode pengamatan 1951-2007. Sumber data di atas adalah TCC-JMA (*Tokyo Climate Center-Japan Meteorological Agency*) Jepang. Dari data curah hujan tersebut di atas diolah, dicari spektra periodisitasnya dengan menggunakan *software* WWZ (*The Weighted Wavelet Z-transform*) yang dikembangkan oleh Foster (1996) yang terdapat dalam Suryantoro et al (2001), sehingga diperoleh ragam osilasinya. Periode data hasil olahan dengan WWZ ini dibatasi dari 2 bulan sampai 80 bulan (yang sudah menggambarkan variabilitas musiman (setengah tahunan) sampai antar tahunan). Dari data deret waktu curah hujan dan suhu muka laut di Samudera India dan Pasifik Barat Tropis ini dikorelasikan, sehingga diperoleh gambaran keterkaitan antara variabilitas curah hujan di Manado dengan suhu muka laut di Samudera India dan Pasifik Barat Tropis yang merupakan wilayah yang sangat dominan dalam mempengaruhi variabilitas iklim di Indonesia.

4. Hasil dan analisis

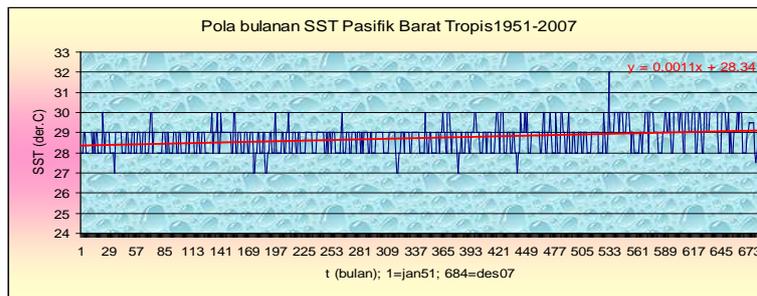
Hasil pengolahan data yang berupa pola bulanan curah hujan Manado, Sulawesi Utara (01,55°LU, 124,92°BT), pola bulanan suhu muka laut Samudera India Tropis (5°LU-5°LS, 60°BT-120°BT) dan Samudera Pasifik Barat Tropis (5°LU-5°LS, 120°BT-160°BT) periode pengamatan 1951-2007 disajikan pada gambar (4.6.) dan (4.7.a.) serta (4.7.b.) berikut.



Gambar (4.6.) : Pola bulanan curah hujan Manado, Sulawesi Utara (01,55°LU, 124,92°BT) periode 1951-2007.

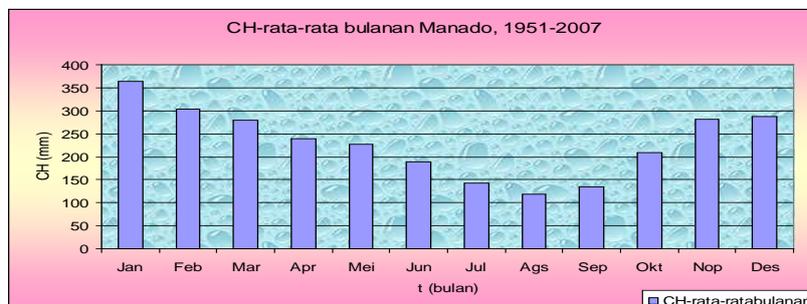


Gambar (4.7.a.) : Pola bulanan suhu muka laut Samudera India Tropis (5°LU-5°LS, 60°BT-120°BT) periode 1951-2007.



Gambar (4.7.a.) : Pola bulanan suhu muka laut Samudera Pasifik Barat Tropis (5°LU-5°LS, 120°BT-160°BT) periode 1951-2007.

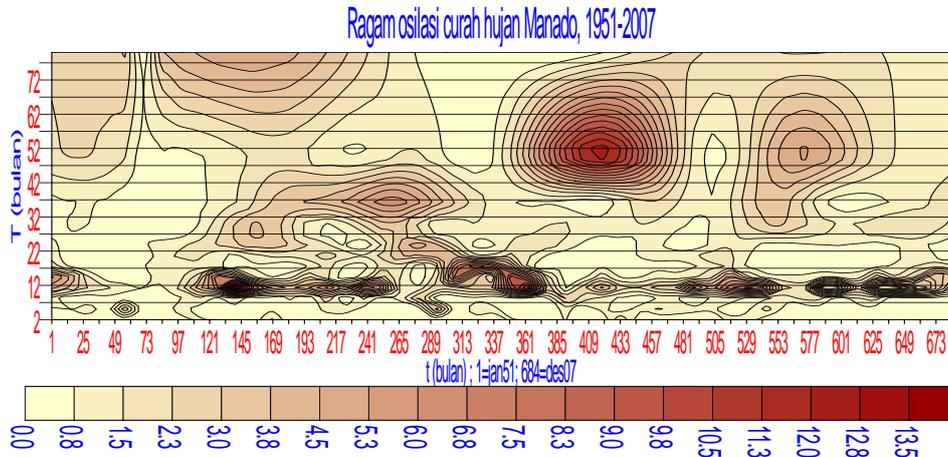
Hal menarik yang dapat diungkap dari gambar (4.6.) dan (4.7.a.) serta (4.7.b.) di atas antara lain adanya kecenderungan kenaikan suhu muka laut di Samudera India dan Pasifik Barat Tropis dalam rentang waktu 1951-2007 namun tidak diikuti dengan kenaikan curah hujan di Manado. Di daerah Manado pada rentang waktu yang sama justru terjadi penurunan curah hujan. Hal menarik ini belum dapat diungkap secara detil dalam penelitian kali ini bagaimana keterkaitannya, meskipun diketahui perilaku suhu muka laut di Samudera India dan Pasifik Barat Tropis merupakan faktor utama penyebab terjadinya variabilitas iklim di Indonesia. Namun demikian, sebagaimana disebutkan di atas bahwa Manado, yang secara geografis berada pada posisi sekitar 1° LU; 125° BT ternyata memiliki pola curah hujan musonal (bukan pola curah hujan ekuatorial, sebagaimana kebanyakan daerah di Indonesia yang berada di dekat garis ekuator seperti daerah Padang dan Pontianak). Dari kenyataan ini diduga bahwa fenomena monsun Asia dan Australia diduga sebagai faktor utama penyebab variabilitas curah hujan di Manado ini. Hal ini juga didukung dari hasil pengolahan data curah hujan daerah Manado tersebut yang menunjukkan adanya pola curah hujan musonal, sebagaimana ditunjukkan dalam gambar (4.8.) berikut.



Gambar (4.8.) : Pola curah hujan rata-rata bulanan selama 1951-2007 daerah Manado, yang menunjukkan adanya pola curah hujan musonal.

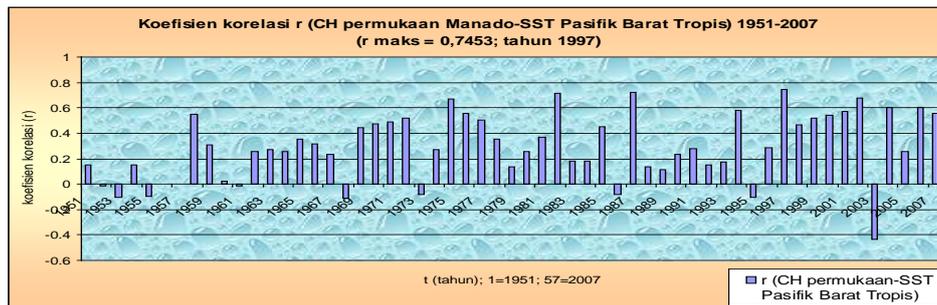
Dari gambar (4.8.) di atas terlihat bahwa intensitas curah hujan tahunan tertinggi terjadi di bulan Januari dengan intensitas 364,69 mm, dan intensitas curah hujan tahunan terendah terjadi di bulan Agustus dengan intensitas 118,65 mm. Adapun pengolahan spektra periodisitas curah hujan

di daerah Manado dengan memanfaatkan software WWZ, yang menunjukkan adanya variabilitas curah hujan dari musiman (SAO : *Semi Annual Oscillation*), tahunan (AO : *Annual Oscillation*), dan antar tahunan (2 sampai 3 tahun / TBO : *Tropospheric Biennial Oscillation*, dan 4 sampai 7 tahun / ENSO : *El Nino Southern Oscillation*), disajikan dalam gambar (4.9.) berikut.

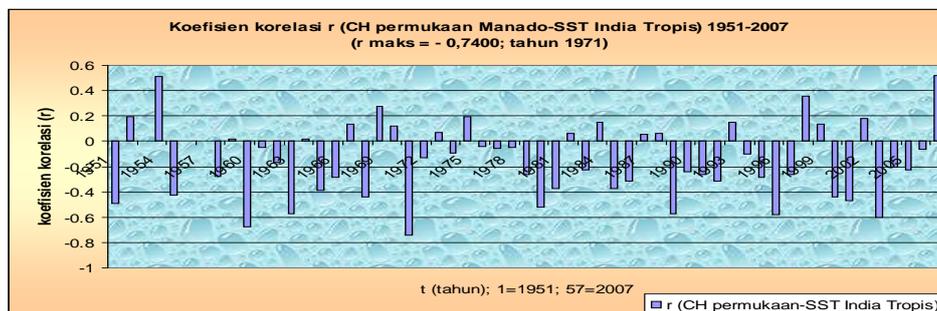


Gambar (4.9.) : Ragam osilasi curah hujan daerah Manado periode 1951-2007, yang menunjukkan adanya variabilitas musiman (SAO), tahunan (AO), dan antar tahunan (TBO dan ENSO).

Adapun gambaran keterkaitan antara variabilitas curah hujan di Manado dengan suhu muka laut di Samudera India dan Pasifik Barat Tropis yang merupakan wilayah yang sangat dominan dalam mempengaruhi variabilitas iklim di Indonesia yang diwakili oleh nilai koefisien korelasi antara data-data tersebut, disajikan dalam gambar (4.10.a.) dan (4.10.b.) berikut.



Gambar (4.10.a.) : Koefisien korelasi antara curah hujan di Manado dengan suhu muka laut di Samudera Pasifik Barat Tropis periode 1951-2007.



Gambar (4.10.b.) : Koefisien korelasi antara curah hujan di Manado dengan suhu muka laut di Samudera IndiaTropis periode 1951-2007.

Hal umum yang dapat dilihat dari gambar (4.9.) dan (4.10.a.) serta (4.10.b.) adalah adanya kenyataan yang menunjukkan bahwa variabilitas curah hujan musiman di Manado terjadi dengan perioda sekitar 4-5 bulan. Faktor utama penyebab variabilitas curah hujan musiman (setengah tahunan) adalah fenomena pergeseran pita konvergensi intertropis (ITCZ : *InterTropical Convergence Zone*). Selanjutnya, variabilitas tahunan curah hujan di Manado memiliki perioda

sekitar 11-12 bulan. Faktor utama penyebab variabilitas curah hujan tahunan adalah fenomena monsun Asia dan monsun Australia. Selanjutnya, variabilitas antar tahunan (2 sampai 3 tahun) curah hujan di Manado terjadi dengan perioda sekitar 23-38 bulan. Faktor utama penyebab variabilitas curah hujan antar tahunan (2 sampai 3 tahun) adalah fenomena osilasi dua tahunan troposfer (TBO : Tropospheric Biennial Oscillation). Akhirnya, variabilitas antar tahunan (4 sampai 7 tahun) curah hujan di Manado terjadi dengan perioda sekitar 48-53 bulan. Faktor utama penyebab variabilitas curah hujan antar tahunan (4 sampai 7 tahun) adalah fenomena ENSO (El Nino Southern Oscillation). Disisi lain, nilai koefisien korelasi antara curah hujan Manado dengan suhu muka laut di Samudera Pasifik Barat Tropis adalah $r = 0,7468$ yang terjadi di tahun 1997. Sedangkan koefisien korelasi antara curah hujan Manado dengan suhu muka laut di Samudera India tropis adalah $r = - 0,7400$ yang terjadi di tahun 1971.

5. Kesimpulan

Curah hujan daerah Manado memiliki variabilitas yang beragam, mulai dari musiman (SAO : Semi Annual Oscillation), tahunan (AO : Annual Oscillation), dan antar tahunan (TBO : Tropospheric Biennial Oscillation, dan ENSO : El Nino Southern Oscillation). Variabilitas musiman curah hujan di Manado memiliki perioda sekitar 4-5 bulan. Variabilitas curah hujan musiman (setengah tahunan) ini disebabkan oleh fenomena pergeseran pita konvergensi intertropis (ITCZ : InterTropical Convergence Zone). Selanjutnya, variabilitas tahunan curah hujan di Manado memiliki perioda sekitar 11-12 bulan. Variabilitas curah hujan tahunan ini disebabkan oleh fenomena monsun Asia dan monsun Australia. Selanjutnya, variabilitas antar tahunan (2 sampai 3 tahun) curah hujan di Manado terjadi dengan perioda sekitar 23-38 bulan. Variabilitas curah hujan antar tahunan ini disebabkan oleh fenomena osilasi dua tahunan troposfer (TBO : Tropospheric Biennial Oscillation). Akhirnya, variabilitas antar tahunan (4 sampai 7 tahun) curah hujan di Manado terjadi dengan perioda sekitar 48-53 bulan. Variabilitas curah hujan antar tahunan ini disebabkan oleh fenomena ENSO (El Nino Southern Oscillation). Disisi lain, nilai koefisien korelasi antara curah hujan Manado dengan suhu muka laut di Samudera Pasifik Barat Tropis adalah $r = 0,7468$ yang terjadi di tahun 1997. Sedangkan koefisien korelasi antara curah hujan Manado dengan suhu muka laut di Samudera India tropis adalah $r = - 0,7400$ yang terjadi di tahun 1971.

Daftar Pustaka

- Aldrian, E. and R.D.Susanto, 2003, Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature, *Int. Jour. of Clim.*, **23**, 1435-1452.
- Chang, C.P. and T.Li, 2000, A Theory for the Tropospheric Biennial Oscillation, *J. of Atmos. Sci.*, **vol.57 no.14**, 2209-2224.
- Chang, C.-P., Z. Wang, J. Ju, and T. Li, 2004: [On the Relationship Between Western Maritime Continent Monsoon Rainfall and ENSO during Northern Winter](#), *J. Climate*, **17**, 665-672.
- Foster, G., 1996, Wavelets for Period Analysis of Unevenly Sampled Time Series, *The Astronomical Journal*, **v.112 no.4**, 1709-1729.
- http://earthguide.ucsd.edu/virtualmuseum/climatechange/1/11_1.shtml...03/24/2009
- http://www.newmediastudio.org/DataDiscovery/Hurr_ED_Center/Stages_of_Hurricane_Dev/ITCZ/ITCZ.html down load 5 Maret 2009
- Prawiwardoyo, 1996, **Meteorologi**, Penerbit ITB, Bandung, 20-46, 167-186.
- Suryantoro, A., M.A.Ratag, T.Harjana, B.Tjasyono H.K., 2001, Model Deret Waktu Aktivitas Konveksi di Benua Maritim Indonesia dan Sekitarnya Berbasis Transformasi Wavelet, *Prosiding Temu Ilmiah Prediksi Cuaca dan Iklim Nasional, Bandung 11 Juli 2000*, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Jakarta, 113-122.
- Tjasyono, B.H.K., 2004, **Klimatologi**, Penerbit ITB, 17-24, 111-117.
- Tokyo Climate Center (TCC), Japan Meteorological Agency (JMA), 2009, Global Monthly Mean Sea Surface Temperature (and Anomalies) 1950-2008, *dari* : http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/elnino/ocean/sstglobal_tcc.html...02/02/2009.