

Pengaruh Variasi Luminositas Matahari Pada SST Ekuator Global dan Temperatur Udara Permukaan di Indonesia.

Wilson Sinambela, La Ode . M. Musafar K, dan Waluyo Eko Cahyono^{*)}

ABSTRACT

By analyzing data of Sea Surface mean Temperature (SST) of global equator and mean surface air temperature of the Ambon and Padang and comparing with data of solar luminosity variations during period (1978 - 1992), it is obtained an obvious effect of solar luminosity variations on SST of global equator, and on surface air temperature in Indonesia. The influence of long-term of solar luminosity variations to SST is not so strong with correlation coefficient 0,58, while the influence to surface air temperature of Ambon and Padang are very strong with correlation coefficient 0,94, and 0,86 respectively. Besides the influence of solar luminosity variations, the influence of seasons, and ENSO Phenomena Also On SST Of Global Equator And Surface Air Temperature In Indonesia.

ABSTRAK

Dengan menganalisis data rata-rata temperatur permukaan laut (SST) ekuator global dan temperatur rata-rata udara permukaan kota Ambon dan Padang dan membandingkannya dengan data luminositas matahari dari tahun 1978 - 1992, diperoleh adanya pengaruh luminositas matahari yang jelas pada SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia. Pengaruh variasi luminositas matahari jangka panjang pada SST tidak begitu kuat dengan koefisien korelasi sebesar 0,58, tetapi pada temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang pengaruhnya sangat kuat dengan koefisien korelasi masing-masing adalah 0,94 dan 0,86. Di samping pengaruh variasi luminositas matahari, pengaruh perubahan musim dan fenomena ENSO tampak jelas pada SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim dan cuaca sekarang ini, merupakan topik yang menarik untuk diteliti karena berkaitan erat dengan berbagai aspek kehidupan manusia. Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan iklim bumi dapat dibedakan dalam dua kategori yaitu yang bersifat antropogenik dan yang bersifat alami. Makin meningkatnya perhatian tentang perubahan iklim akibat kenaikan pelepasan gas-gas rumah kaca ke atmosfer terhadap keseimbangan alam menimbulkan pemikiran untuk menelaah kembali penyebab perubahan

iklim yang bersifat alami, karena sampai sekarang masih adanya ketidakpastian bahwa terjadinya pemanasan global itu sekedar disebabkan oleh efek rumah kaca. Salah satu alasannya adalah bahwa perubahan temperatur observasi dan prediksi perhitungan perubahan temperatur teoritis tidak mengikuti kenaikan gas-gas rumah kaca yang monoton. Sebaliknya ada fakta yang menunjukkan bahwa sekitar tahun 1940 - 1970 temperatur global berkurang sedangkan pada waktu itu, terjadi penambahan pelepasan karbon dioksida yang cepat ke atmosfer sebagai akibat kemajuan industrialisasi.

^{*)} Peneliti Bidang Matahari dan Lingkungan Antariksa, Puslitbang Pengetahuan Ionosfer-LAPAN

Pengamatan yang kontradiksi ini dianggap berasal dari variasi internal dengan derajat yang tinggi dalam sistem iklim. Disisi lain dalam perhitungan-perhitungan perubahan temperatur jangka panjang belum menyertakan parameter *forcing* iklim akibat radiasi matahari.

Variasi aktivitas matahari telah lama diduga mempengaruhi iklim bumi, dan beberapa peneliti terdahulu menunjukkan korelasi positif antara aktivitas matahari dan temperatur permukaan (daratan dan laut). Pada 1000 tahun terakhir ada fakta yang menunjukkan hubungan yang erat antara selubung (*envelope*) aktivitas matahari dan iklim global. Temperatur terdingin selama Zaman Es Kecil (*Little Ice Age*) tahun 1450 - 1850 terjadi selama Maunder minimum (1645 - 1715) ketika *sunspot* tidak ada pada permukaan matahari (Eddy, 1976). Eddy berpendapat bahwa hubungan jangka panjang yang diperoleh antara aktivitas matahari dan parameter iklim global tertentu mungkin disebabkan oleh perubahan luminositas matahari atau perubahan irradiansi total matahari. Dari hasil pengukuran irradiansi total matahari (luminositas matahari) berbasis satelit dari tahun 1978 - 1992 menunjukkan bahwa luminositas matahari tidak konstan, tetapi bervariasi secara periodik mengikuti siklus aktivitas matahari (Hoyt, et al., 1992).

Reid (1987, 1991) memperoleh keserupaan yang menyolok antara SST global dari tahun 1851 - 1980 dan variasi aktivitas matahari jangka panjang dengan indikator rata-rata bergerak 11 tahun bilangan *sunspot*. Berdasarkan fakta ini, Reid memperkirakan bahwa fase luminositas matahari bervariasi 0,6% dari tahun 1910 - 1960 dengan siklus 80 - 90 tahun (periode Gleisberg) yang direpresentasikan oleh selubung siklus aktivitas matahari 11 tahun.

Friis - Christensen dan Lassen (1991, 1994) menganalisis temperatur global permukaan bumi belahan utara selama kurun waktu 130 tahun, dan memperoleh suatu korelasi yang baik dengan panjang siklus matahari. Penjelasan fisis yang sangat masuk akal tentang hubungan kedua parameter ini adalah kaitannya dengan variabilitas luminositas matahari pada skala waktu yang lebih panjang dari pada aktivitas matahari 11 tahun.

Djamaluddin, Gunawan, dan Sinambela (1997) menganalisis suhu rata-rata atmosfer permukaan untuk daerah Padang dan Jakarta dan membandingkannya dengan bilangan *sunspot* memperoleh indikasi yang jelas pengaruh aktivitas matahari, terutama pada bulan-bulan kering. Dari analisis yang dilakukan oleh mereka ini, juga menunjukkan adanya indikasi bahwa fenomena El Nino dan La Nina juga mempengaruhi temperatur permukaan daerah Jakarta dan Padang.

Indonesia yang terletak di daerah ekuator, diapit oleh dua samudra dan mempunyai lautan yang lebih luas dari daratan memiliki kekhususan, karena menerima radiasi matahari lebih besar daripada daerah yang lintangnya lebih tinggi. Demikian juga perubahan di samudra Pasifik yang merupakan sumber El Nino dan La Nina merupakan fenomena yang menarik untuk diteliti. Mengacu pada hasil-hasil penelitian tersebut, makalah ini membahas pengaruh variasi luminositas matahari pada SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia berdasarkan data SST global dan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang. Tujuannya adalah untuk mengkaji apakah ada hubungannya antara parameter luminositas matahari dengan parameter SST dan temperatur udara permukaan di Indonesia, sehingga dapat mengetahui perubahan yang terjadi jika salah satu parameter mengalami perubahan atau gangguan.

2. DATA DAN PENGOLAHANNYA.

Untuk menganalisis pengaruh aktivitas matahari pada SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia, digunakan data variasi luminositas matahari atau irradiansi total matahari hasil pengukuran satelit Nimbus-7/ERB yang diperoleh dari Solar Variability Affecting Earth, NOAA/NGDC dari tahun 1978 - 1992. Data rata-rata harian luminositas matahari diolah menjadi rata-rata bulanan. Data SST global diperoleh dari United Kingdom Meteorological Office (UKMO) dari tahun 1948 - 1989. Untuk mewakili daerah ekuator, data harian SST global dipilih hanya pada lintang $\pm 5^{\circ}$,

kemudian data harian SST ini diolah menjadi data rata-rata bulanan SST untuk selang waktu dari tahun 1978 - 1989 sesuai dengan data yang tersedia. Data temperatur udara permukaan yang dipilih adalah variasi rata-rata bulanan temperatur udara permukaan kota Ambon ($-3,70^{\circ}$ LS, $128,08^{\circ}$ BT) untuk mewakili daerah di sekitar lautan Pasifik, dan Padang ($0,88^{\circ}$ LU, $100,35^{\circ}$ BT) untuk mewakili daerah lautan Indonesia dari tahun 1978 - 1990 sesuai dengan data yang tersedia. Data temperatur udara permukaan ini diperoleh dari Data Base ONRL/GDIAC NDP-041, Gobar Historical Climatology Network (Vose, et al., 1992). Kurun waktu dari ke tiga parameter luminositas matahari, SST dan temperatur udara permukaan berada pada waktu sebagian dari siklus aktivitas matahari ke-21 (1976 - 1986), dan sebagian lagi berada pada siklus matahari ke-22 (1986 - 1996).

Untuk memperjelas ada tidaknya pengaruh luminositas matahari pada SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia dilakukan analisis spektrum untuk menentukan periodisitas dominannya dengan menggunakan perangkat lunak WWZ (The Weighted wavelet Z-Transform, Foster, 1996).

Analisis korelasi statistik dilakukan untuk mengetahui berapa besar pengaruh variasi luminositas matahari jangka panjang pada SST dan temperatur udara permukaan, setelah terlebih dahulu dilakukan analisis rata-rata bergerak 65 - bulan (setengah siklus matahari 11 tahun). Pemilihan rata-rata bergerak 65 - bulan hanya karena alasan keterbatasan deretan data yang tersedia (seharusnya rata-rata bergerak 11 tahun) dan untuk menghilangkan pengaruh-pengaruh jangka pendek pada SST ekuator global, dan temperatur udara kota Ambon dan Padang.

3. HASIL ANALISIS

Grafik pada Gambar 3-1 dan Gambar 3-2 masing masing menunjukkan data variasi rata-rata bulanan SST ekuator global dan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang ($^{\circ}$ C) dibandingkan dengan data variasi rata-rata bulanan luminositas matahari (W/m^2) dari tahun 1978 - 1992. Dari grafik tersebut

tampak adanya variasi yang periodik pada SST ekuator global dan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang dengan periode kira-kira 1 tahun, tetapi belum tampak adanya pengaruh luminositas matahari pada SST ekuator global, dan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang.

Untuk memperjelas ada tidaknya pengaruh luminositas matahari pada SST dan temperatur udara permukaan, dilakukan analisis spektrum untuk menentukan periodisitas dominannya dengan menggunakan perangkat lunak WWZ. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3-3, Gambar 3-4, dan Gambar 3-5. Analisis WWZ luminositas matahari tahun 1978 - 1992 pada Gambar 3-3 tampak periodisitas dominannya adalah : 1 tahun efek musiman karena orbit bumi mengelilingi matahari, 5,5 tahun kemungkinan efek setengah siklus aktivitas matahari 11 tahun, dan 13 tahun kemungkinan efek aktivitas matahari 11 tahun. Analisis WWZ SST tahun 1978 - 1989 pada Gambar 3-4 tampak periodisitas dominannya adalah: 1 tahun efek musiman karena orbit bumi mengelilingi matahari, 5 tahun kemungkinan efek setengah siklus aktivitas matahari 11 tahun, 3 - 6 tahun kemungkinan efek fenomena El Nino, dan lebih besar dari 25 tahun kemungkinan efek siklus aktivitas matahari lebih panjang dari 11 tahun (dekadean). Analisis WWZ dari temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang tahun 1978 -1990 pada Gambar 3-5 tampak periodisitas dominannya adalah: 1 tahun untuk kota Ambon dan Padang adalah efek musiman karena orbit bumi mengelilingi matahari, 6 tahun untuk temperatur udara permukaan kota Padang kemungkinan efek setengah siklus aktivitas matahari 11 tahun, 3,5 tahun untuk temperatur kota Ambon kemungkinan efek fenomena El Nino, dan 9 tahun untuk kota Ambon kemungkinan efek aktivitas matahari 11 tahun. Kesamaan periode dominan dengan waktu ≥ 5 tahun dari ke tiga parameter luminositas matahari, SST dan temperatur udara permukaan kota Padang dan Ambon menunjukkan adanya pengaruh variasi luminositas matahari jangka panjang pada iklim bumi di Indonesia.

Dari kesamaan periode 1 tahun, dibuat grafik variasi data rata-rata tahunan luminositas matahari yang dibandingkan dengan rata-rata tahunan SST, temperatur udara permukaan kota Ambon dan kota Padang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-6 dan Gambar 3-7. Tampak bahwa variasi rata-rata tahunan luminositas matahari mencapai harga maksimum sebesar $1373,41 \text{ W/m}^2$ pada tahun 1979 sesuai dengan waktu aktivitas matahari maksimum tahun 1979, dan harga minimum sebesar $1371,37 \text{ W/m}^2$ pada tahun 1984, 2 tahun lebih cepat dari minimum pada tahun 1986 siklus matahari ke -21 (1976 – 1986), dan kemudian naik sampai mencapai maksimum pada tahun 1991 sebesar $1372,72 \text{ W/m}^2$ sesuai dengan aktivitas matahari mencapai maksimum puncak ke dua dari siklus matahari ke-22 pada tahun 1991 (1986 – 1996). Variasi amplitudo luminositas matahari dari minimum siklus matahari ke -21 ke maksimum siklus matahari ke-22 ($1372,72 - 1371,37 \text{ W/m}^2 = 1,35 \text{ W/m}^2$) ($\cong 0,1 \%$), sesuai dengan yang diperoleh Hoyt, et al., (1992).

Pada Gambar 3-6 tampak bahwa kurva data rata-rata tahunan SST hampir mengikuti kecenderungan kurva data rata-rata tahunan luminositas matahari walaupun tidak identik, karena pada tahun-tahun tertentu terjadi anomali. Besarnya variasi rata-rata tahunan SST ekuator global dari harga maksimum ke minimum selama tahun (1978 – 1989) adalah $(25,77 - 25,22) ^\circ \text{C} = 0,55 ^\circ \text{C}$. Pada tahun 1979 harga SST mencapai maksimum bersamaan waktunya dengan waktu luminositas matahari maksimum, dan pada tahun 1984/1985 harga SST mencapai maksimum hampir bersamaan waktunya dengan luminositas matahari minimum tahun 1984. Tetapi pada tahun 1982/1983 dan 1986/1987 terjadi anomali pada SST, naik tajam dan tidak mengikuti penurunan luminositas matahari, dan turun kembali mencapai harga minimum, kemungkinan besar disebabkan oleh efek El Nino. Pada tahun 1988 terjadi anomali, SST turun, kemungkinan disebabkan oleh efek La Nina.

Pada Gambar 3-7 tampak bahwa kurva data rata-rata tahunan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang hampir

menyerupai kurva data rata-rata tahunan luminositas matahari, walaupun tidak identik, karena pada tahun-tahun tertentu terjadi anomali. Besarnya variasi rata-rata tahunan temperatur udara permukaan kota Ambon dari tahun (1978 – 1990) dari maksimum ke minimum adalah $(28,27 - 26,43) ^\circ \text{C} = 1,84 ^\circ \text{C}$, dan di Padang adalah $(26,67 - 26,02) ^\circ \text{C} = 0,65 ^\circ \text{C}$. Pada tahun 1984/1985, temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang mencapai harga minimum, hampir bersamaan waktunya dengan harga luminositas matahari minimum tahun 1984. Tetapi pada tahun 1981 dan 1983 terjadi anomali, temperatur udara permukaan naik, tahun 1986/1987 ada kenaikan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang tetapi tidak dominan, kemungkinan dipengaruhi oleh efek El Nino. Pada tahun 1989 terjadi anomali, temperatur turun, kemungkinan dipengaruhi oleh efek La Nina.

Pada Gambar 3-8 menunjukkan kurva data rata-rata tahunan SST ekuator global dibandingkan dengan dengan rata-rata tahunan temperatur udara permukaan Ambon dan Padang dalam kurun waktu tahun 1978 -1990. Pada gambar ini tampak bahwa data rata-rata tahunan SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia menunjukkan perilaku yang serupa, tetapi SST puncaknya lebih cepat kira-kira 1 tahun relatif terhadap temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang.

Untuk menganalisis pengaruh variasi luminositas matahari jangka panjang pada SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia, dilakukan penghalusan data dengan cara rata-rata bergerak 65 – bulan untuk mewakili setengah siklus aktivitas matahari seperti pada Gambar 3-9 dan Gambar 3-10. Cara ini dilakukan dengan alasan karena keterbatasan data yang tersedia, dan untuk menghilangkan pengaruh-pengaruh jangka pendek pada SST, dan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang. Pada Gambar 3-9a di samping pengaruh luminositas matahari pada SST, masih tampak jelas pengaruh El Nino tahun 1982/1983, dan 1986/1987 pada SST.

Dari analisis korelasi linier antara luminositas matahari jangka panjang dengan

SST ekuator global Indonesia dari tahun 1978 - 1989 setelah efek El Nino pada tahun-tahun 1982/1983, dan 1986/1987 dihilangkan (Gambar 3-9b) diperoleh korelasinya tidak begitu kuat dengan koefisien korelasi rata-rata bergerak 65 - bulan sebesar 0,58. Analisis korelasi antara luminositas matahari jangka panjang dengan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang diperoleh sangat baik dengan koefisien korelasi rata-rata bergerak 65 - bulan masing-masing sebesar 0,94 dan 0,86.

4. PEMBAHASAN

Adanya kesamaan periode dominan dengan waktu ≥ 5 tahun pada Gambar 3-3, Gambar 3-4, dan Gambar 3-5, ada keserupaan kenaikan dan penurunan SST dan temperatur udara permukaan di Ambon dan Padang dengan variasi luminositas matahari pada Gambar 3-6 dan Gambar 3-7 menunjukkan adanya pengaruh luminositas matahari jangka panjang pada SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia. Fluktuasi rata-rata tahunan SST dan temperatur udara permukaan di Ambon dan Padang dari harga maksimum ke minimum kurang dari 2° C, jauh lebih kecil daripada variasi temperatur akibat aktivitas matahari di termosfer dan mesosfer (Lean, 1991). Ini dapat dipahami karena radiasi matahari yang mencapai troposfer, permukaan, dan lautan hanya bervariasi sekitar (0,08 - 01) % selama satu siklus aktivitas matahari 11 tahun (Lean, 1991).

Harga SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Ambon dan Padang mencapai minimum sekitar tahun 1984/1985 (Gambar 3-6 dan Gambar 3-7), hampir bersamaan dengan waktu luminositas matahari mencapai minimum tahun 1984, satu atau dua tahun lebih awal dari aktivitas matahari minimum tahun 1986. Harga SST maksimum terjadi tahun 1979 bersamaan dengan harga luminositas matahari maksimum tahun 1979. Hampir mirip dengan yang ditemukan Friis-Christensen dan Lassen (1991), bahwa perubahan temperatur belahan bumi utara selama 130 tahun mendahului kurva bilangan sunspot

sekitar 20 tahun. Dari ketidaksesuaian ini, mereka menyimpulkan bahwa jika suatu hubungan sebab dan akibat tetap dipertahankan, maka tidak mungkin lagi hanya menggunakan bilangan sunspot itu sendiri dapat memadai untuk mempengaruhi parameter iklim. Oleh karena itu Friis-Christensen dan Lassen (1994) mengusulkan panjang siklus aktivitas matahari (rentang antara maksimum ke minimum) yang perubahannya mempunyai korelasi yang tinggi dengan perubahan temperatur global. Hal ini dapat menjelaskan secara teori bahwa luminositas matahari langsung memanasi troposfer, daratan dan lautan, sedangkan bilangan sunspot sebagai indikator aktivitas matahari membutuhkan waktu untuk menyebabkan perubahan luminositas matahari. Hasil ini memperkuat pendapat Eddy (1976), Friis-Christensen (1991, 1994) dan Reid (1987, 1991) yang mengatakan bahwa pengaruh aktivitas matahari pada iklim kemungkinan besar disebabkan oleh variasi luminositas matahari jangka panjang.

Pada Gambar 3-6 dan Gambar 3-7, selain pengaruh luminositas matahari, tampak jelas pengaruh dominan dari El Nino dan La Nina pada SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia. Menurut Spencer (1994) fase panas El Nino pada tahun 1982/1983 dan 1986/1987 telah menyebabkan naiknya temperatur troposfer bawah dan fase dingin La Nina tahun 1989 telah menyebabkan turunnya temperatur. Mengacu pada data El Nino dan La Nina dari Soppiah (1993) diketahui bahwa El Nino terjadi pada tahun 1982/1983, dan 1986/1987, sedangkan La Nina 1988/1989. Bila kita perhatikan dari gambar tersebut, pada tahun-tahun terjadinya El Nino, SST, dan temperatur udara permukaan cenderung naik, dan pada saat terjadi La Nina, SST, dan temperatur udara permukaan cenderung menurun. Tampaknya kenaikan SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia pada tahun-tahun 1981, 1982/1983, dan 1986/1987 sangat dipengaruhi fenomena El-Nino tahun 1982/1983 dan 1986/1987 yang menaikkan temperatur. Demikian juga penurunan SST tahun 1988, dan penurunan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang (Gambar 3-7) pada tahun

1989 tampaknya dipengaruhi oleh fenomena La-Nina tahun 1988/1989.

Pada Gambar 3-8 rata-rata tahunan SST dan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang mempunyai perilaku yang serupa, tetapi SST mendahului kira-kira 1 tahun relatif terhadap temperatur permukaan bumi kota Ambon dan Padang. Hasil ini memperkuat penemuan Reid (1991) yang mengatakan bahwa data SST dan temperatur udara permukaan menunjukkan perilaku yang serupa, tetapi SST menunjukkan keterlambatan beberapa tahun relatif terhadap temperatur udara permukaan. Reid menyimpulkan bahwa kelemahan dari konsistensi jangka panjang antara dua kurva SST dan temperatur udara permukaan diduga berasal dari kesalahan sistematis variasi lambat dalam salah satu atau kedua deretan data SST dan temperatur udara permukaan. Keterlambatan dari SST dapat dijelaskan bahwa waktu respons dari lautan lebih lambat daripada waktu respons temperatur udara permukaan terhadap perubahan forcing matahari.

Pengaruh Luminositas matahari yang tidak begitu kuat terhadap SST ekuator global ini kemungkinan besar karena terbatasnya data yang digunakan dalam analisis, hanya kira-kira 11 tahun, sehingga analisis korelasi rata-rata bergerak 65 – bulan (setengah siklus aktivitas matahari 11 tahun) kurang mewakili pengaruh aktivitas matahari jangka panjang 11 tahun. Jika dibandingkan dengan hasil Reid (1987) yang memperoleh korelasi yang kuat antara SST global dan aktivitas matahari jangka panjang (dengan koefisien korelasi 0,75) karena menggunakan data yang cukup panjang selama 130 tahun dengan korelasi rata-rata bergerak 11 tahun. Lagi pula analisis rata-rata bergerak 65 – bulan, selang waktunya hampir bersamaan dengan periode terjadinya fenomena El Nino yang mempunyai periode antara 3 – 6 tahun, sehingga efek fenomena El Nino masih tampak dominan pada SST seperti yang terlihat pada Gambar 3-9b.

Pada Gambar 3-10 tampak jelas hubungan yang kuat antara luminositas matahari jangka panjang dan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang. Hasil ini memperkuat hasil yang diperoleh Djamiluddin, Gunawan

dan Sinambela (1997) yang menunjukkan adanya indikasi pengaruh aktivitas matahari pada suhu atmosfer di Indonesia. Hasil yang diperoleh ini dapat dijelaskan bahwa meskipun ada pengaruh El Nino dan La Nina ada pada temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang tetapi pengaruhnya lebih besar pada SST ekuator global dibandingkan dengan pengaruhnya pada temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang seperti yang tampak pada Gambar 3-6 dan Gambar 3-7.

Dari pembahasan diatas, dengan menggunakan luminositas matahari jangka panjang sebagai indikator aktivitas matahari tampak jelas pengaruh luminositas matahari pada SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia. Tetapi variasi luminositas matahari yang diperoleh dari pengukuran satelit hanya 0,1% selama hampir satu siklus matahari 11 tahun. Berdasarkan model iklim yang dikembangkan oleh Hoffert, Frei dan Narayanan (1988), variasi luminositas matahari dengan orde 0,1% ini selama hampir satu siklus matahari 11 tahun terakhir ini sangat kecil memberikan pengaruh signifikan terhadap temperatur global. Tetapi sampai sekarang belum ada pengukuran luminositas matahari yang lebih panjang daripada 11 tahun, karena variasi luminositas matahari kemungkinan besar bervariasi lebih besar dalam skala waktu lebih panjang. Sebagai perbandingan, model empiris yang dikembangkan oleh Reid (1987) memperkirakan bahwa variasi luminositas matahari yang diperlukan untuk menaikkan temperatur selama 130 tahun bervariasi kurang dari 1 %. Menurut Friis-Christensen dan Lassen (1994) yang menggunakan panjang siklus aktivitas matahari, menunjukkan adanya variasi luminositas matahari dalam skala waktu jangka panjang. Penjelasan fisis yang masuk akal adalah perubahan magnitudo dan panjang dari luminositas matahari sangat penting. Artinya variasi luminositas matahari sebesar 1% selama 80 – 90 tahun akan memberikan pengaruh yang lebih besar daripada variasi luminositas matahari 1% selama waktu 11 tahun. Dengan anggapan yang sama, suatu perubahan luminositas matahari sebesar 0,1% selama 50 tahun akan memberikan perubahan iklim yang lebih nyata dibandingkan dengan

variasi luminositas matahari 0,1% selama 5 tahun. Oleh karena itu variasi SST dan temperatur udara permukaan di Indonesia yang dihubungkan dengan variabilitas matahari, kemungkinan besar disebabkan oleh pengaruh luminositas matahari yang bervariasi mengikuti variasi aktivitas matahari jangka panjang.

5. KESIMPULAN

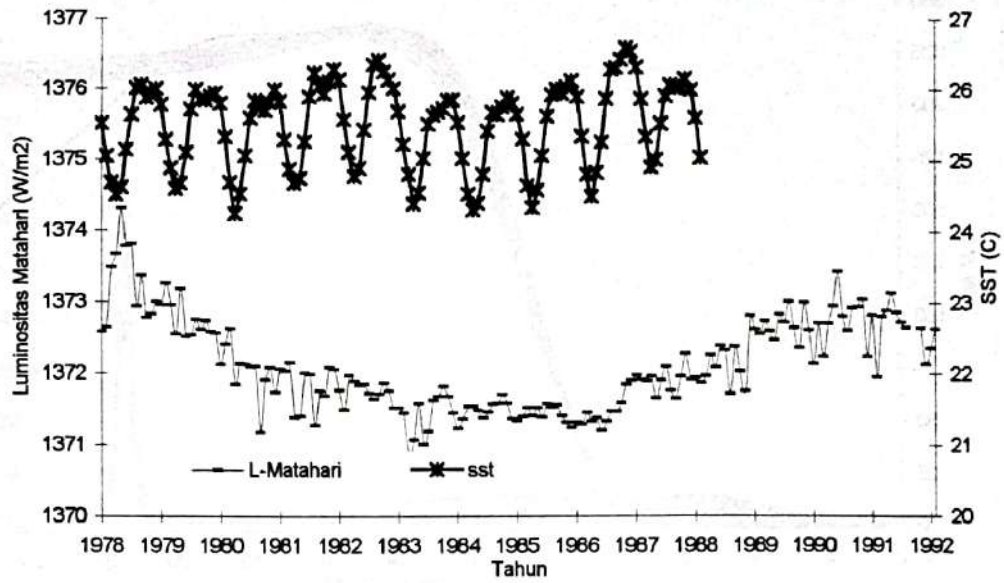
Dari analisis data SST ekuator global dan temperatur udara permukaan kota Ambon dan Padang yang dihubungkan dengan variasi luminositas matahari menunjukkan bahwa SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia sangat dipengaruhi oleh variasi luminositas matahari jangka panjang. Pengaruh variasi luminositas matahari jangka panjang pada SST ekuator global tidak begitu kuat dengan koefisien korelasi adalah 0,58. Kemungkinan hasil ini disebabkan keterbatasan data SST yang dianalisis, hanya kira-kira 11 tahun. Pengaruh luminositas matahari jangka panjang pada temperatur permukaan bumi di Ambon dan Padang sangat kuat dengan koefisien korelasi masing-masing adalah 0,94, dan 0,86.

Dalam skala waktu jangka panjang, deretan data SST ekuator global mempunyai perilaku yang serupa dengan temperatur udara permukaan di Indonesia, tetapi deretan data SST mendahului 1 tahun relatif terhadap deretan data temperatur udara permukaan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh karena waktu respons dari SST lebih lambat daripada waktu respons temperatur udara permukaan terhadap forcing matahari.

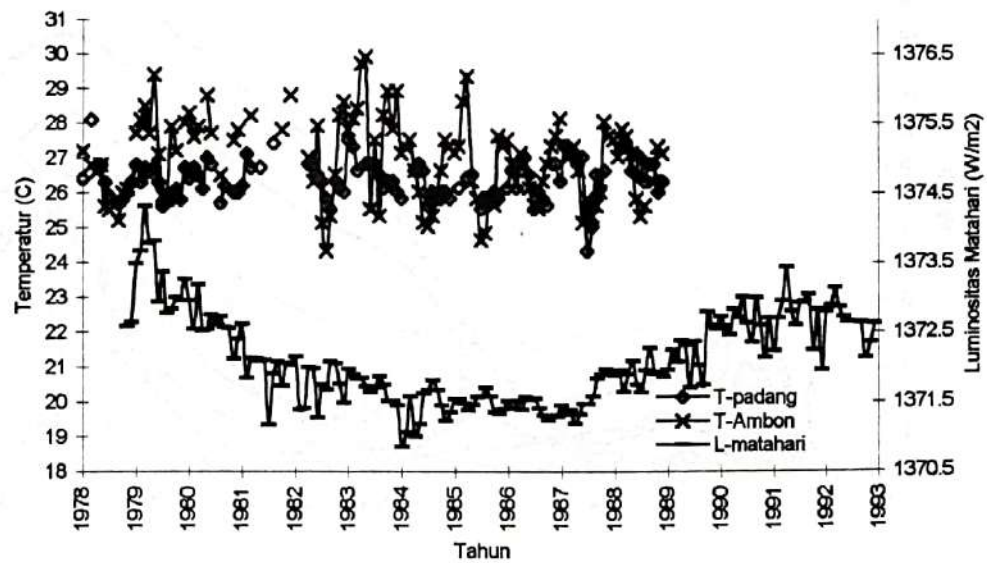
Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan adanya indikasi bahwa SST ekuator global dan temperatur udara permukaan di Indonesia dipengaruhi oleh variasi luminositas matahari yang mengikuti variasi aktivitas matahari jangka panjang. Faktor-faktor dominan lainnya yang mempengaruhinya adalah efek musiman akibat orbit bumi mengelilingi matahari, fenomena El Nino yang menaikkan SST dan temperatur udara permukaan dan La Nina yang menurunkan SST dan permukaan temperatur udara permukaan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

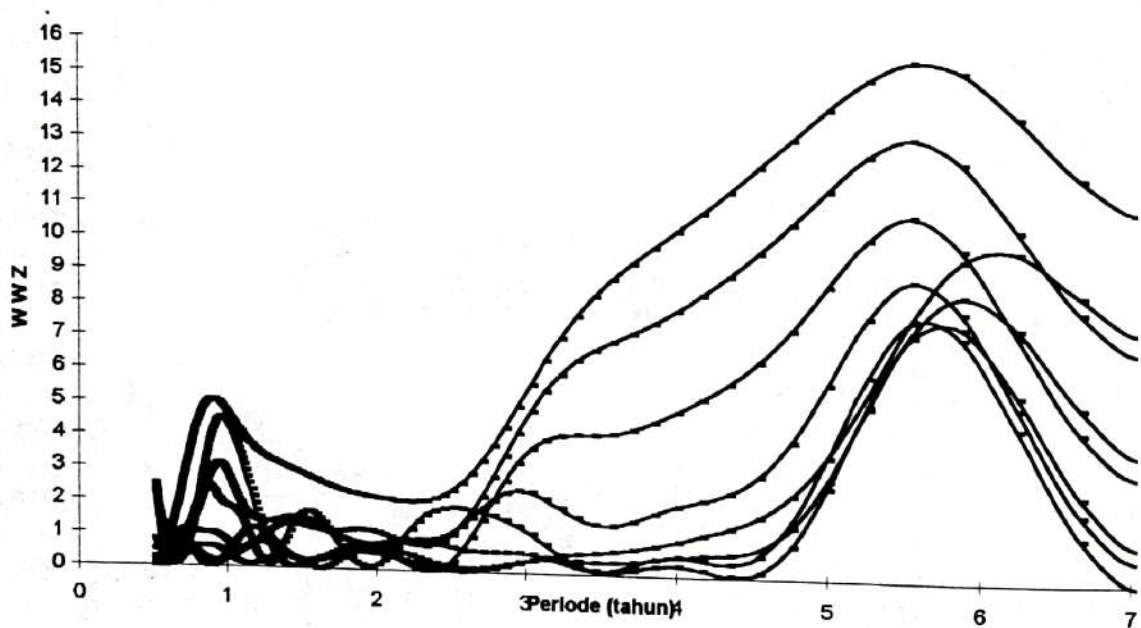
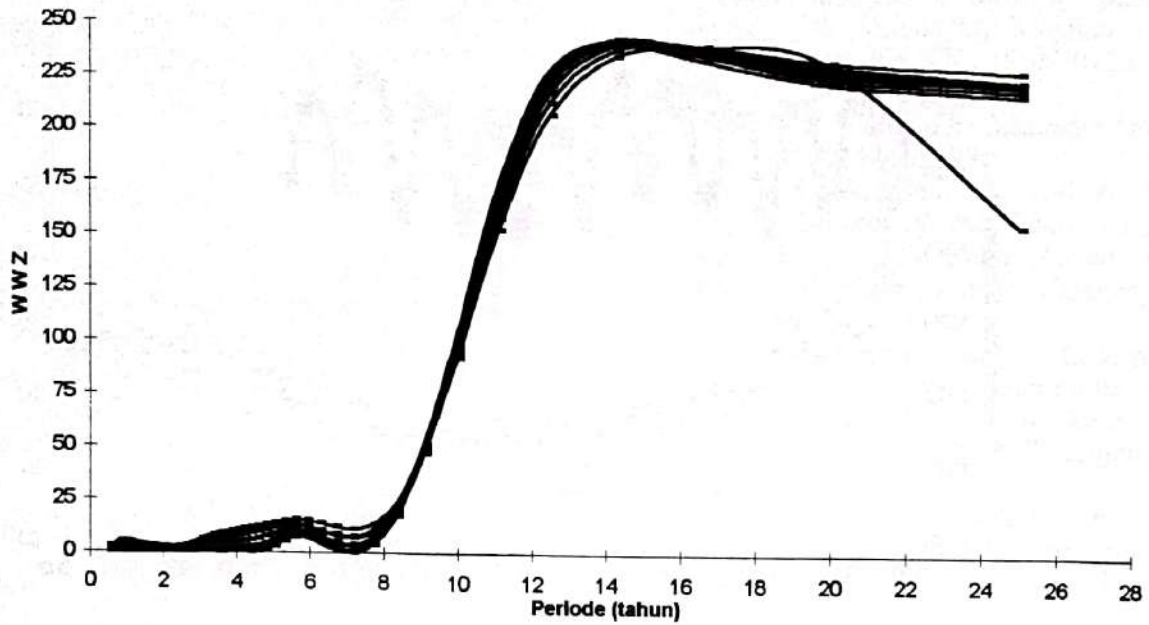
1. Djamaluddin. T, Gunawan. A., dan Sinambela. W., 1997, *Pengaruh aktivitas matahari dan faktor lainnya pada suhu atmosfer di Indonesia*, Majalah LAPAN No.80, Tahun Ke XX., ISSN 0126 - 0480, hlm. 46.
2. Eddy, J. A., 1976, *The Maunder Minimum*, Science, 192, hlm.1189.
3. Friis - Christensen, E., and K. Lassen, 1991, *Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated With Climate*, Science, 254, hlm. 698.
4. Friis - Christensen., and J. Lassen, 1994, *Global Temperature Variations and a Possible Association With Solar activity Variations*, In *COSPAR Colloquia Series*, Vol. 5, hlm. 529.
5. Foster. G., 1996, *Wavelets for Period analysis of Unevenly Sampled Time Series*, *Astronomical Journal*, Vol. 112, hlm. 1709.
6. Hoyt, D.V., H.L. Kyle, J.R.Hickey, and R.H. Maschhoff, 1992, *The Nimbus - 7 Total Solar Irradiance: A New Algorithm for its Derivation*, *J. Geophys. Res.*, 97, 51.
7. Hoffert, M., A. Frei, and V.J. Narayanan, 1988, *Climate Change*, 13, hlm, 267.
8. Lean, J., 1991, *Variations in The Sun's Radiative Output*, *Review of Geophysics*, vol. 29, hlm. 505.
10. Reid, G.C., 1987, *Influence of Solar Variability on Global Sea Surface Temperatures*, *Nature*, 329, hlm. 142.
11. Reid, G.C., 1991, *Solar Total Irradiance Variations and The global Sea Surface Temperature Record*, *J. Geophys. Res.*, 96 (D2), hlm. 2835.
12. Soppiah, R., 1993, *ENSO Phenomenon and 30 - 50 Day variability in the Australian Summer Monsoon Rainfall*, *Int. J. Climatology*, Vol. 13. hlm. 837.
13. Spencer, R. W., 1994, *Global Temperature Monitoring From Space*, *Adv. Space Res.* Vol. 14, hlm. 69.
14. Vose, R.S.; Schmoyer, R.L.; Steurer, P.M.; Peterson, T.C.; Heim, R.; Karl, T.R.; and Eischeid, J.K.; *The Global Historical Climatology Network: Temperature, Precipitation, Sea Level Pressure, and Station Pressure Data*, ORNL/CDIAC-53 (Nop - 041).



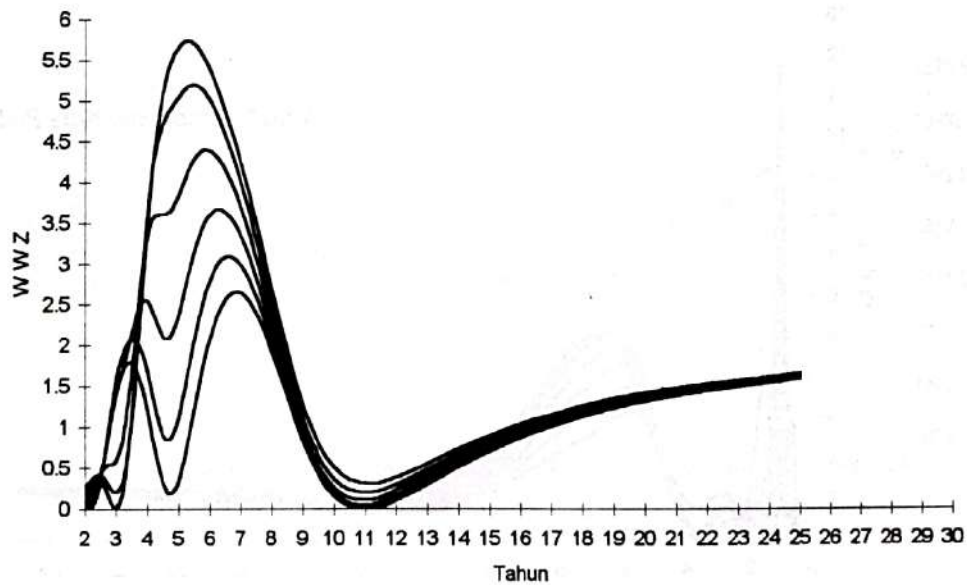
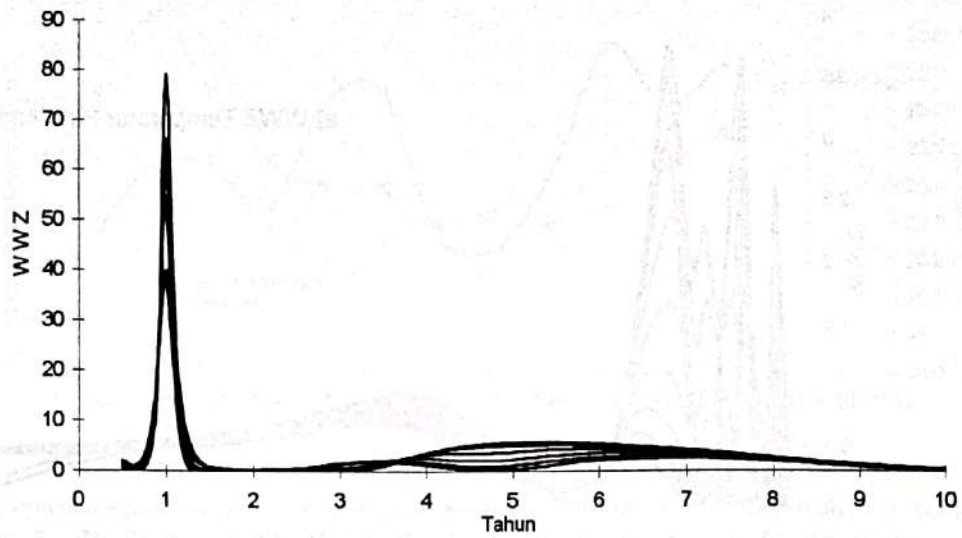
GAMBAR 3-1; GRAFIK DATA RATA-RATA BULANAN SST (1978 – 1989) EKUATOR GLOBAL DENGAN LUMINOSITAS MATAHARI (1978 - 1992). BELUM TAMPAK PENGARUH LUMINOSITAS MATAHARI PADA SST.



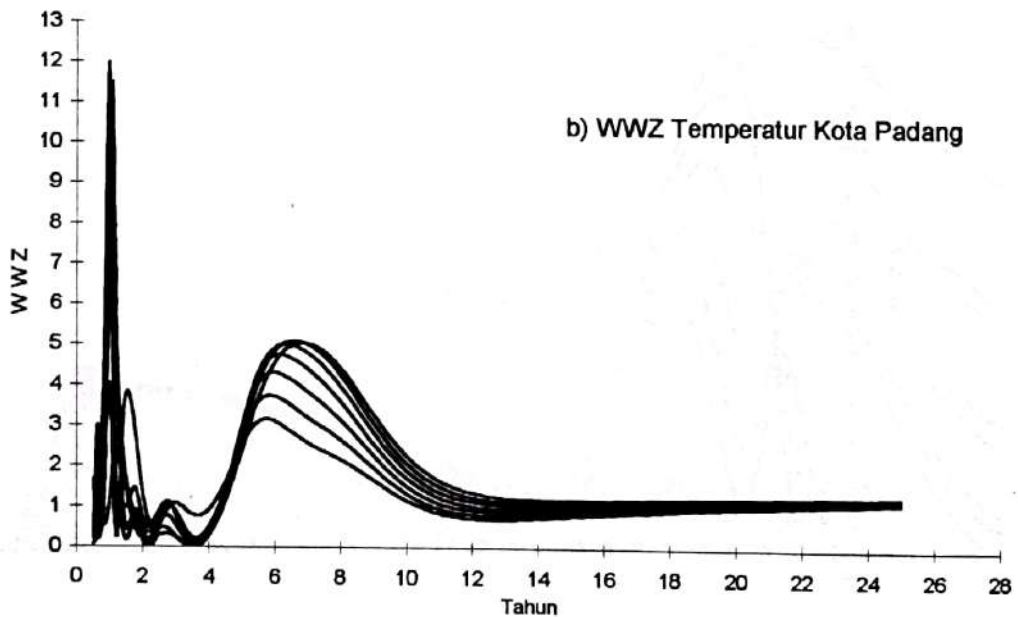
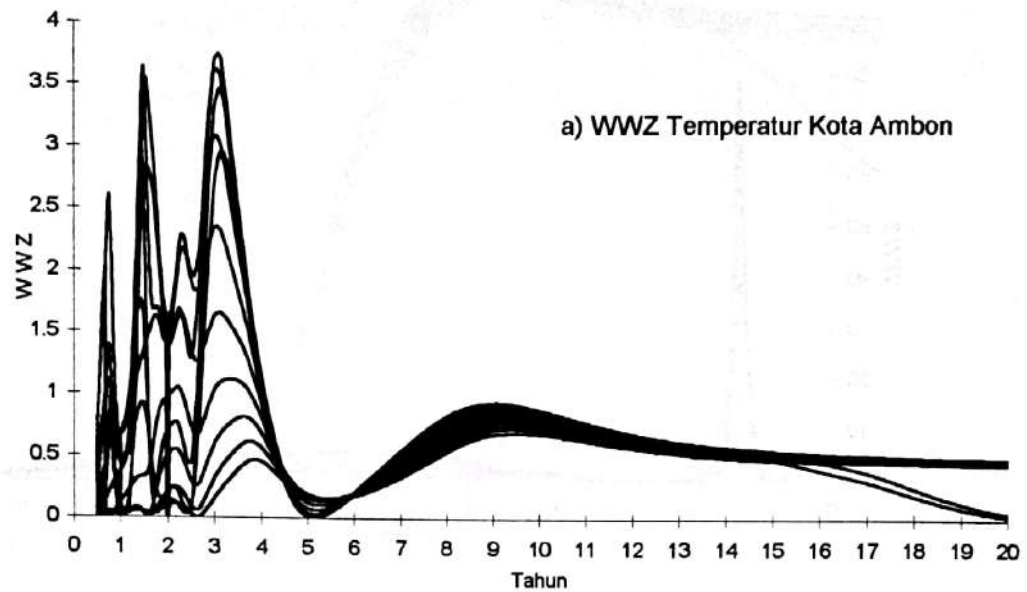
GAMBAR 3-2; GRAFIK DATA RATA-RATA BULANAN TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN KOTA AMBON (1978 - 1990) DIBANDINGKAN DENGAN LUMINOSITAS MATAHARI (1978 - 1992) DAN PADANG . BELUM TAMPAK PENGARUH LUMINOSITAS MATAHARI PADA TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN KOTA AMBON DAN PADANG.



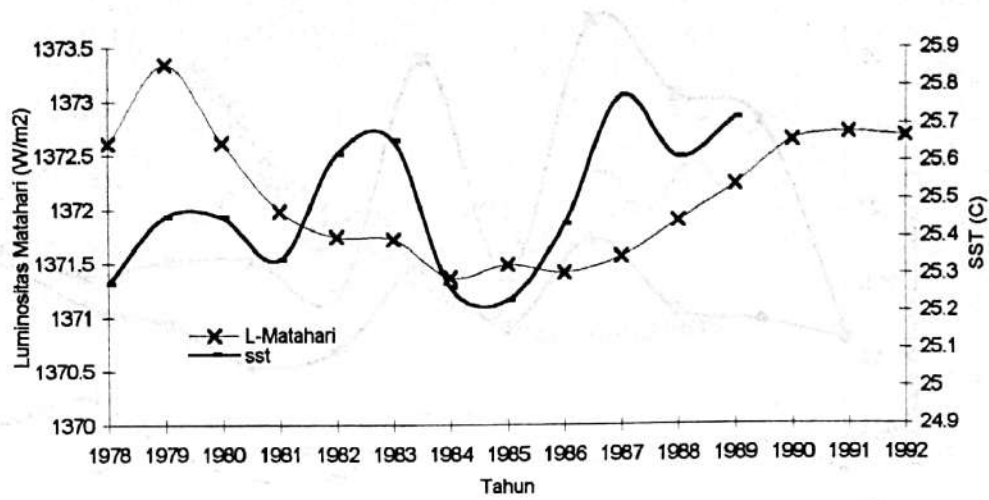
GAMBAR 3-3: HASIL ANALISIS WWZ LUMINOSITAS MATAHARI DARI TAHUN 1978 - 1992. TAMPAK ADANYA PERIODE DOMINAN : 1 TAHUN EFEK MUSIMAN AKIBAT ORBIT BUMI MENGELILINGI MATAHARI, 5,5 TAHUN KEMUNGKINAN EFEK SETENGAH SIKLUS MATAHARI DAN 13 TAHUN EFEK AKTIVITAS MATAHARI JANGKA PANJANG 11 TAHUN.



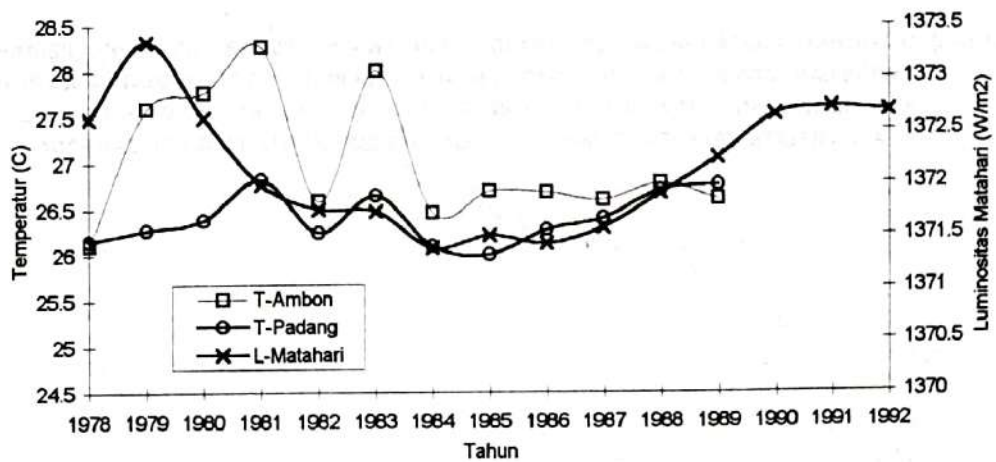
GAMBAR 3-4; SAMA DENGAN GAMBAR 3-3 ADALAH HASIL ANALISIS WWZ DARI SST EKUATOR GLOBAL DARI TAHUN 1978 -1989. TAMPAK ADANYA PERIODE YANG DOMINAN 1 TAHUN EFEK MUSIMAN AKIBAT ORBIT BUMI MENGELILINGI MATAHARI, 3 - 6 TAHUN KEMUNGKINAN EFEK EL-NINO, DAN LEBIH DARI 25 TAHUN KEMUNGKINAN EFEK AKTIVITAS MATAHARI DEKADEAN.



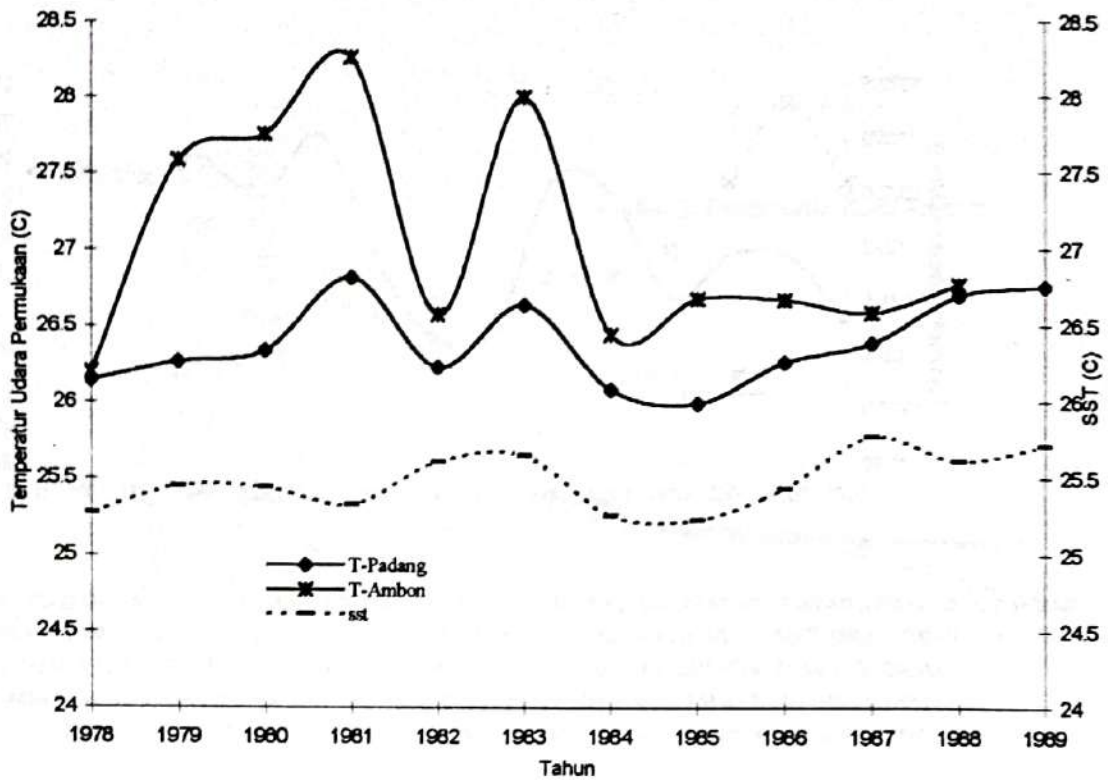
GAMBAR 3 - 5; SAMA DENGAN GAMBAR 3 - 3 ADALAH HASIL ANALISIS WWZ DARI a) TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN AMBON, DAN b) PADANG DARI TAHUN 1978 - 1990. TAMPAK ADANYA PERIODE YANG DOMINAN : 1 TAHUN EFEK MUSIMAN AKIBAT ORBIT BUMI MENGELILINGI MATAHARI, 4 TAHUN DAN 9 TAHUN UNTUK KOTA AMBON MASING-MASING KEMUNGKINAN EFEK EL-NINO DAN EFEK AKTIVITAS MATAHARI 11 TAHUN, 6 TAHUN UNTUK KOTA PADANG KEMUNGKINAN EFEK SETENGAH SIKLUS AKTIVITAS MATAHARI.



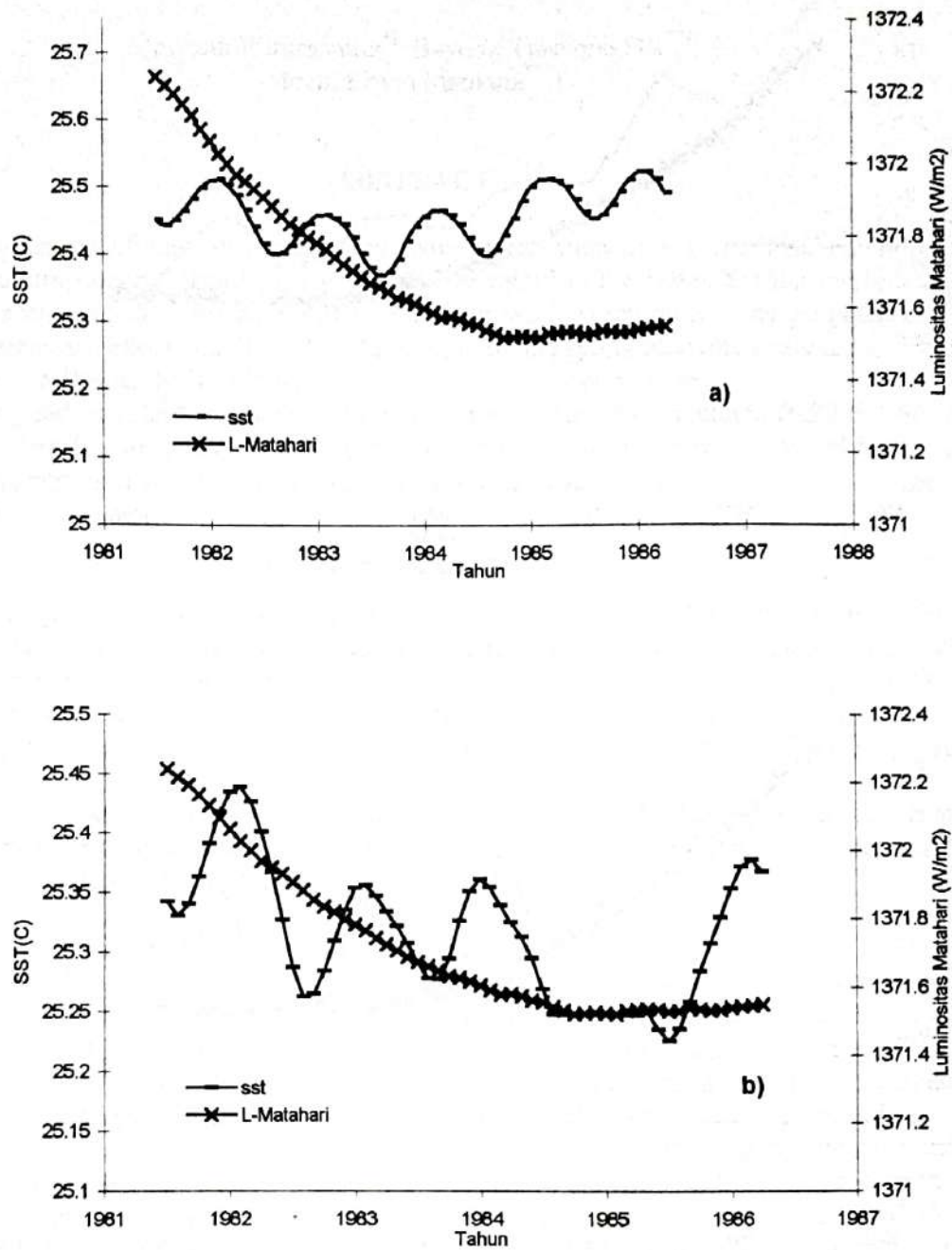
GAMBAR 3 - 6. GRAFIK RATA-RATA TAHUNAN SST DIBANDINGKAN DENGAN LUMINOSITAS MATAHARI DARI TAHUN 1978 – 1989. TAMPAK BAHWA PADA TAHUN 1979 SST TINGGI DENGAN LUMINOSITAS MATAHARI MENCAIPI MAKSIMUM PADA TAHUN 1979, DAN MINIMUM TAHUN 1985 HAMPPIR BERSESUAIAN DENGAN WAKTU LUMINOSITAS MATAHARI MENCAIPI MINIMUM PADA TAHUN 1984. EFEK EL-NINO PADA SST TAMPAK PADA TAHUN-TAHUN 1982 / 1983, dan 1986 / 1987 DAN LA-NINA PADA TAHUN 1988



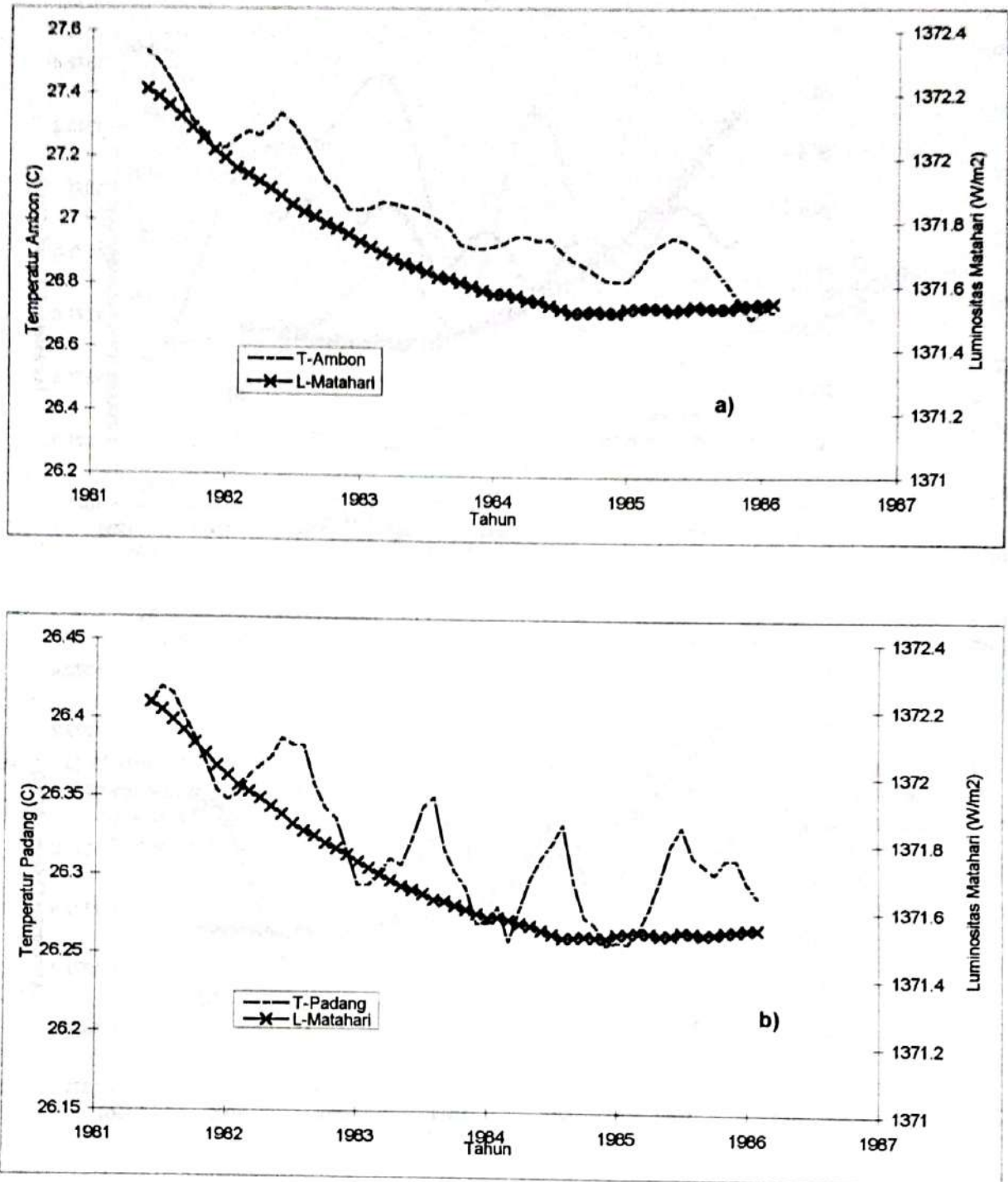
GAMBAR 3 - 7: GRAFIK RATA-RATA TAHUNAN TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN KOTA AMBON DAN PADANG DIBANDINGKAN DENGAN LUMINOSITAS MATAHARI DARI TAHUN 1978 - 1990. TAMPAK SEKITAR TAHUN 1984/1985 TEMPERATUR MINIMUM HAMPPIR BERSESUAIAN DENGAN WAKTU LUMINOSITAS MATAHARI MINIMUM TAHUN 1984. EFEK EL-NINO PADA TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN TAMPAK TAHUN 1981 /1983, DAN LA NINA PADA TAHUN 1988/1989.



GAMBAR 3 - 8, GRAFIK RATA - RATA TAHUNAN SST DIBANDINGKAN DENGAN TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN KOTA AMBON DAN PADANG TAHUN 1978 - 1989. TAMPAK BAHWA KURVA SST TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN KOTA AMBON DAN PADANG MENUNJUKKAN PERILAKU YANG SERUPA, TETAPI PUNCAK SST LEBIH CEPAT 1 TAHUN RELATIF TERHADAP TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN KOTA AMBON DAN PADANG



GAMBAR 3 - 9: GRAFIK RATA - RATA BERGERAK 65 - BULAN SST DIBANDINGKAN DENGAN LUMINOSITAS MATAHARI DI INDONESIA : a) SEBELUM EFEK EL - NINO TAHUN 1982 / 1983, DAN 1986 / 1987 DIHILANGKAN, b) SETELAH EFEK EL - NINO DIHILANGKAN. TAMPAK PENGARUH LUMINOSITAS MATAHARI JANGKA PANJANG PADA SST WALAUPUN TIDAK BEGITU KUAT DENGAN KOEFISIEN KORELASI = 0,58



GAMBAR 3 - 10; GRAFIK RATA - RATA BERGERAK 65 BULAN DARI : a) TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN KOTA AMBON DAN b) KOTA PADANG DIBANDINGKAN DENGAN LUMINOSITAS MATAHARI. TAMPAK JELAS PENGARUH LUMINOSITAS MATAHARI JANGKA PANJANG PADA TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN KOTA AMBON DAN PADANG ADALAH KUAT DENGAN KOEFISIEN KORELASI MASING - MASING SEBESAR 0,94 DAN 0,86.