

Keterkaitan Antara Aktivitas Matahari Dan Gejala ENSO

Suratno^{*)}, Mezak A. Ratag^{**)}, Suaydhi^{***)}

ABSTRACT

ENSO (El Nino Southern Oscillation) phenomenon is known by the SOI (Southern Oscillation Index). The variation of solar activity indirectly affects the variation of SOI. This investigation found that the package of monthly sunspot variation which is modulated in the 11 years sunspot cycles have an identical periods to SOI, which are ~3-4 years, ~6-8 years and ~30 years. The package of monthly sunspot variation can be interpreted as a solar output energy which occurs in that periods which affects the air pressure difference between the southern Pacific and the continent of Australia which is expressed as SOI.

ABSTRAK

Gejala ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) diketahui dari Indeks Osilasi Selatan (*SOI, Southern Oscillation Index*). Variasi aktivitas matahari tidak secara langsung berpengaruh pada variasi *SOI* tersebut. Dalam penelitian ini terungkap bahwa paket variasi sunspot bulanan yang menumpang pada siklus 11 tahunan menunjukkan adanya perioda yang sepadan dengan variasi *SOI* yaitu pada perioda ~3-4 tahun, ~6-8 tahun dan perioda ~30 tahun. Bentuk paket ini diinterpretasikan sebagai paket energi keluaran matahari yang berlangsung untuk perioda tersebut dan berpengaruh pada perbedaan tekanan udara antara Pasific selatan dan daratan Australia yang dinyatakan dalam *SOI*.

1. PENDAHULUAN

Anomali iklim ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) sering dirasakan di muka Bumi, yang ditandai dengan gejala kekeringan di wilayah Indonesia-Australia dan curah hujan yang di atas normal di beberapa negara di benua Amerika. Hal ini menarik untuk diteliti untuk mengetahui bagaimana ENSO bisa terjadi. Fenomena alam ini bersifat global, terjadi di seluruh muka Bumi, kejadiannya hampir periodik setiap 3-5 tahunan (*The Global Climate System :9*).

Anomali kondisi atmosfer secara lokal yang diakibatkan faktor antropogenik (dari aktivitas manusia, seperti pabrik, transportasi, dan lain-lain) mungkin juga memberikan kontribusi terjadinya ENSO tersebut. Namun mengingat sifatnya yang global dan peristiwanya terjadi hampir periodik maka sumbangan utama penyebabnya diperkirakan adanya variasi aktivitas alam (faktor kosmogenik). Variasi aktivitas matahari yang juga berlangsung secara (hampir) periodik, diperkirakan memberikan kontribusi yang besar pada gejala alam ENSO tersebut.

ENSO ditandai dengan Indeks Osilasi Selatan (*SOI = Southern Oscillation Index*) yaitu perbedaan tekanan udara antara Tahiti dan Darwin. Di Pasifik Utara Christoforou dan Hameed (1997) mendapatkan bukti adanya pengaruh aktivitas matahari pada perpindahan daerah tekanan rendah.

Fenomena serupa ini mungkin dapat juga menjelaskan kejadian ENSO. Hal tersebut yang akan dikaji pada penelitian ini untuk mengetahui bagaimana dampak aktivitas matahari pada perubahan *SOI*.

2. DATA

Pada penelitian ini, akan ditelaah kaitan antara variasi aktivitas Matahari dan ENSO. Variasi aktivitas Matahari ditunjukkan dengan data bilangan sunspot. Pada waktu Matahari menampakkan sunspot banyak, tingkat aktivitas matahari tinggi, dan hal sebaliknya jika jumlah sunspot sedikit atau tidak ada. Telah banyak diketahui bahwa aktivitas matahari bervariasi dengan siklus utamanya 11 tahunan.

Fenomena ENSO diindikasikan dengan data *SOI*. Bila *SOI* negatif menyatakan adanya gejala ENSO dan sebaliknya bila indek ini positif menunjukkan gejala *La Niña* (anti ENSO). Mengingat sifatnya yang global ini, maka mengkaitkan kedua fenomena alam tersebut diperlukan data dalam deret waktu yang panjang. Data *SOI* yang digunakan dalam analisis selama kurun waktu yang cukup panjang yaitu selama 120 tahun dari Januari 1878 sampai dengan Desember 1997 berupa data rata-rata bulanan. Untuk bilangan sunspot digunakan data sunspot Zurich yang dipublikasikan oleh *National Geophysical Data Center (NGDC)*. Sedangkan data *SOI* diperoleh melalui Todd P. Mitchel (komunikasi pribadi via internet).

^{*)} Bidang Matahari dan Lingkungan Antariksa, Puslitbang PI-LAPAN

^{**)} Bidang Dinamika Atmosfer, Puslitbang PA-LAPAN

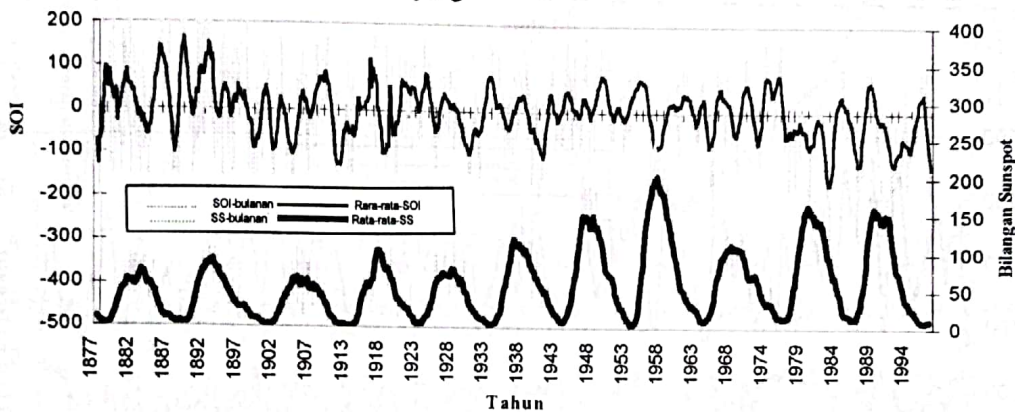
^{***)} Komputer Induk Media Dirgantara LAPAN

3. PENGOLAHAN DATA DAN HASIL

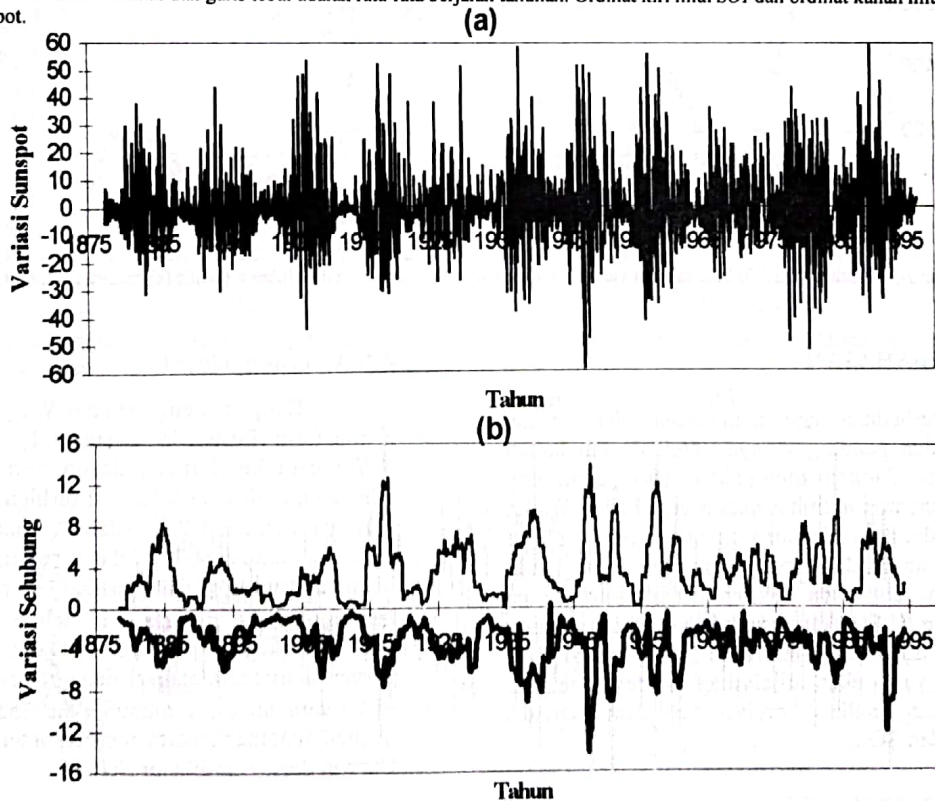
Variasi *SOI* dan bilangan sunspot selama 1878–1997 ditunjukkan pada Gambar 3-1. Dari gambar tersebut baik secara bulanan maupun rata-rata berjalan tahunan tampaknya tidak terlihat adanya korelasi antara *SOI* dan bilangan sunspot. Namun jika diperhatikan grafik bilangan sunspot, selain terlihat adanya variasi dengan periodisitas 11 tahun terlihat pula variasi bulanan. Bila variasi 11 tahunan dieliminasi dengan cara mengurangkan nilai bilangan sunspot bulanan dengan nilai rata-rata berjalan tahunan, akan tampak variasi bulanan seperti ditunjukkan pada Gambar 3-2a. Karena hasil eliminasi ini adalah selisih rata-rata maka terlihat nilai-nilai positif dan negatif. Kurva variasi sunspot bulanan berbentuk paket ini dapat diinterpretasikan sebagai paket energi keluaran matahari yang

berlangsung untuk perioda tertentu. Nilai rata-rata berjalan tahunan variasi positif dan variasi negatif bilangan sunspot yang tampak simetris ditunjukkan pada Gambar 3-2b (selanjutnya disebut variasi selubung).

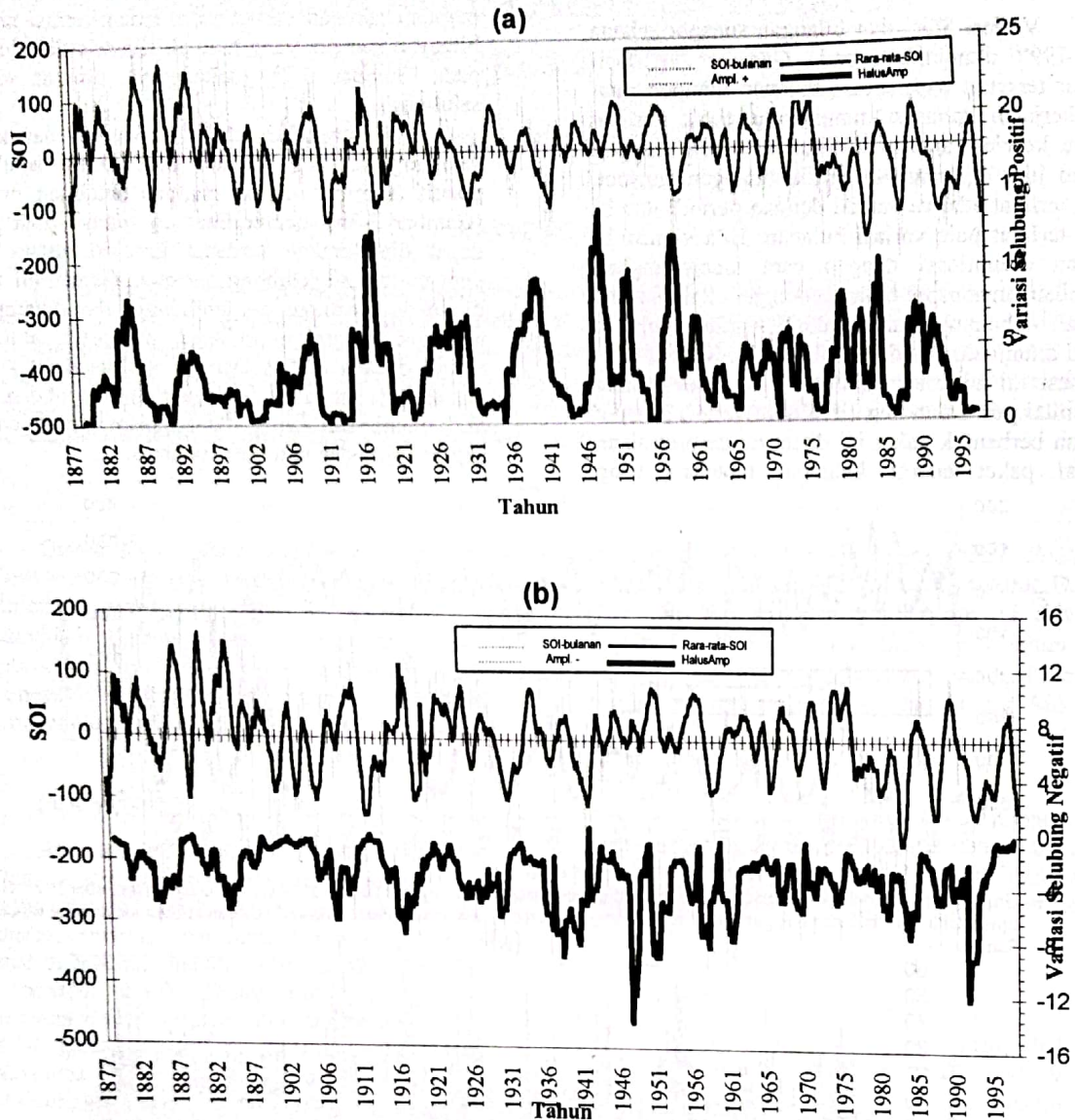
Gambar 3-3 adalah kurva *SOI* dan kurva selubung sunspot bulanan baik untuk selubung positif (Gambar 3-3a) maupun selubung negatif (Gambar 3-3b) memperlihatkan adanya pola yang dapat diperkirakan terdapat korelasi antara *SOI* dengan variasi selubung sunspot. Gejala ini akan dijadikan bahan analisis lebih lanjut dan diharapkan tentunya diperoleh indikasi pengaruh aktivitas matahari pada *ENSO*. Dengan analisis deret waktu dan analisis spektrum data (olahan) sunspot dan data *SOI* diharapkan dapat diungkapkan kaitan antara gejala *ENSO* dan aktivitas matahari.



Gambar 3-1: Grafik deret waktu data bulanan *SOI* (atas) dan Bilangan Sunspot (bawah) dari Januari 1878 sampai dengan Desember 1997. Garis tipis adalah data bulanan dan garis tebal adalah rata-rata berjalan tahunan. Ordinat kiri nilai *SOI* dan ordinat kanan nilai Bilangan Sunspot.



Gambar 3-2 : (a) Variasi bilangan sunspot bulanan (sebagai indikator variasi aktivitas matahari) bulanan setelah variasi 11 tahunan dieliminasi. (b) Amplitudo variasi bilangan sunspot bulanan digambarkan sebagai kurva selubungnya.



Gambar 3-3 : Ploting data *SOI* bulanan dan variasi selubung sunspot bulanan baik selubung positif (a) maupun selubung negatif (b)

4. PEMBAHASAN

Perbedaan laju pemanasan oleh radiasi matahari dan pendinginannya untuk daerah lautan dan daerah daratan merupakan dasar pemikiran analisis pengaruh aktivitas matahari terhadap *ENSO*. Analog dengan daerah pantai yaitu adanya fenomena angin darat menjelang sampai pagi hari dan angin laut pada sekitar tengah hari, maka mekanisme *ENSO* akan terjadi hal yang sama untuk kawasan darat dan kawasan laut yang luas. Hipotesis yang akan dijelaskan berdasar analisis spektral dan analisis korelasi dari data aktivitas matahari dan *SOI*.

4.1. Analisis Spektral.

Dengan menggunakan *Weighted Wavelet-Z transform* (Foster, 1996) spektral data sunspot dan *SOI* secara keseluruhan dalam selang waktu 120 tahun, diperoleh hasil seperti terlihat pada Gambar 4-1(a,b), Gambar 4-2(a,b) dan Gambar 4-3(a,b).

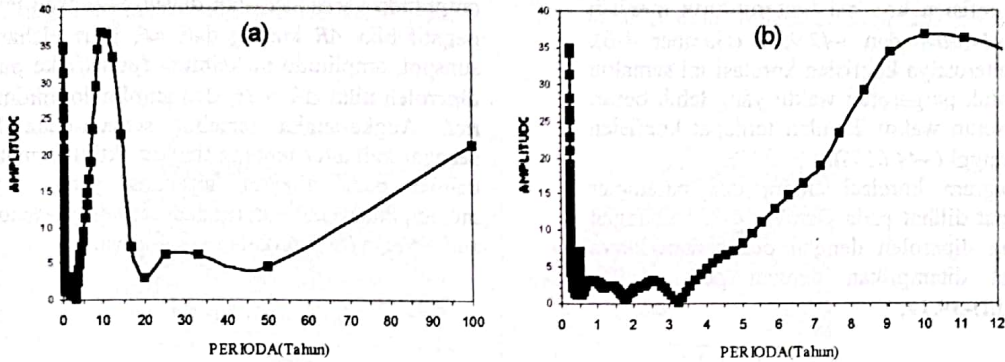
Gambar 4-1 adalah spektral daya untuk bilangan sunspot dan terlihat variasinya sangat menonjol pada perioda ~ 11 tahun. Sebagaimana telah diungkapkan pada bab 3 (Gambar 3-1), bahwa variasi aktivitas matahari dengan perioda dominan ~ 11 tahun ini tidak menunjukkan adanya korelasi dengan fenomena perbedaan tekanan udara Tahiti-Darwin dengan indikator *SOI*.

Analisis berikutnya difokuskan pada variasi sunspot bulanan yang berbentuk paket dengan selubung dan variasi *SOI* bulanan. Spektral daya selubung paket data variasi sunspot bulanan ditunjukkan pada Gambar 4-2, sedangkan spektral daya *SOI* ditunjukkan pada Gambar 4-3. Periode sampai dengan 100 tahun dan segmen periode sampai 12 tahun dibedakan dengan tanda (a) dan (b).

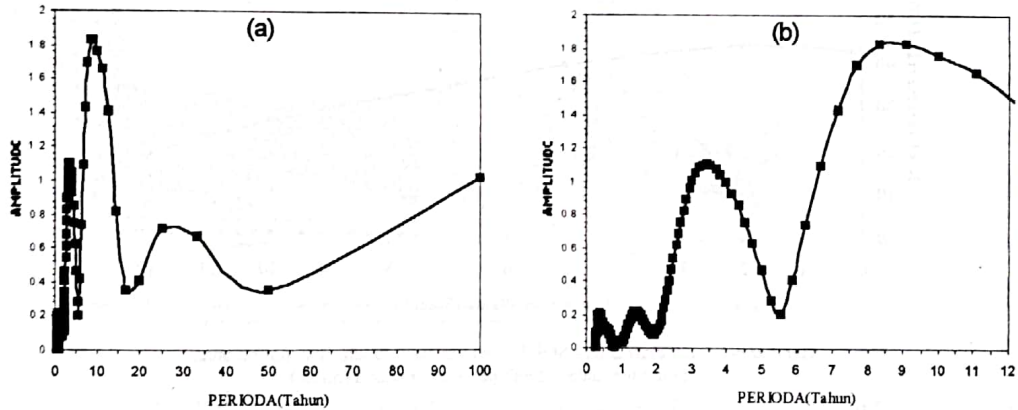
Pada Gambar 4-2 terlihat adanya periode dominan untuk variasi selubung paket sunspot bulanan berkisar pada ~3-4 tahun, ~6-8 tahun, ~11 tahun dan ~30 tahun. Sementara periode dominan untuk *SOI* adalah ~0.5 tahun, ~1 tahun, ~3-4 tahun,

~6-8 tahun dan ~30 tahun seperti diperlihatkan pada Gambar 4-3. Dari hasil olahan data tersebut diperoleh kesamaan periode variasi kedua fenomena di atas yaitu ~3-4 tahun, ~6-8 tahun, dan ~30 tahun. Variasi *SOI* dengan periode ~0.5 tahun dan ~1 tahun diyakini disebabkan oleh variasi musiman sebagai akibat dari adanya pergeseran posisi matahari.

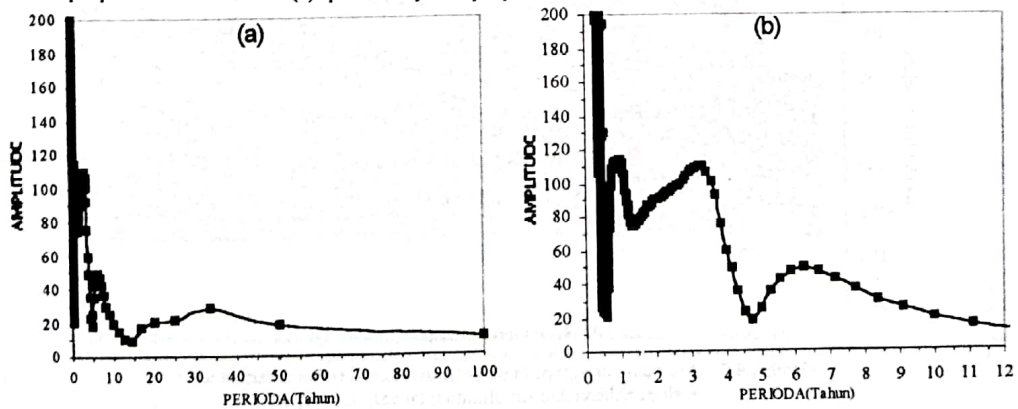
Rentang periode 3-4 tahun, 6-8 tahun dan periode ~30 tahun baik pada variasi sunspot maupun pada *SOI* nampak lebih kelihatan pada serial spektral tahunan, seperti ditunjukkan dengan tampilan gambar 3 dimensi (Gambar 4-4).



Gambar 4-1 : Spektra bilangan sunspot bulanan untuk seluruh data dari Januari 1878 sampai dengan Desember 1997. (a) Spektra sampai periode 100 tahun dan (b) spektra hanya sampai periode 12 tahun



Gambar 4-2 : Spektra selubung paket variasi sunspot bulanan untuk seluruh data dari Januari 1878 sampai dengan Desember 1997. (a) Spektra sampai periode 100 tahun dan (b) spektra hanya sampai periode 12 tahun



Gambar 4-3 : Spektra Indeks Osilasi Selatan untuk seluruh data dari Januari 1878 sampai dengan Desember 1997. (a) Spektra sampai periode 100 tahun dan (b) spektra hanya sampai periode 12 tahun.

4.2. Analisis Korelasi

Sebagaimana diinterpretasikan bahwa pengaruh aktivitas matahari pada perubahan indeks osilasi selatan adalah paket energi dari matahari maka korelasi yang akan dianalisis adalah amplitudo total variasi sunspot (yaitu jumlah amplitudo positif dan amplitudo negatif) terhadap variasi indeks osilasi selatan.

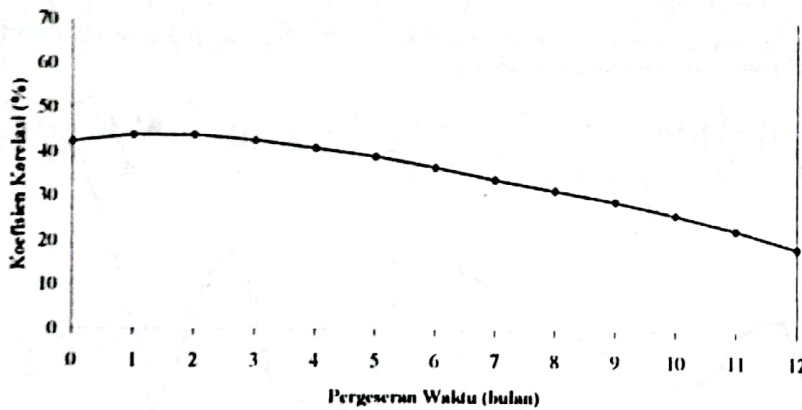
Dengan menganalisis secara statistik diperoleh hasil yaitu koefisien korelasi langsung (tanpa waktu tunda) sebesar $\sim 42.45\%$. Dan dengan melakukan pergeseran (waktu tunda) bulanan untuk data *SOI* sepanjang selang waktu 1, 2 dan 3 bulan diperoleh koefisien korelasi berturut-turut menjadi $\sim 43.89\%$, $\sim 44.00\%$ dan $\sim 42.99\%$ (Gambar 4-6). Demikian seterusnya koefisien korelasi ini semakin menurun untuk pergeseran waktu yang lebih besar. Pada pergeseran waktu 2 bulan terdapat koefisien korelasi tertinggi ($\sim 44.00\%$).

Diagram korelasi antara dua parameter tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-7. Hubungan terbaik yang diperoleh dengan pendekatan kurva linier dapat ditampilkan dengan persamaan : $SOI = 6.76(\Delta R) - 39.19$,

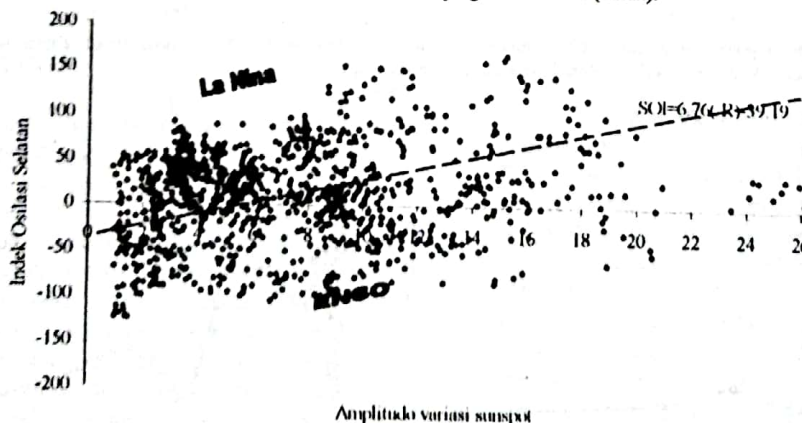
dengan ΔR adalah total amplitudo positif dan negatif dari selubung variasi bilangan sunspot untuk waktu yang berkaitan.

Sesuai dengan definisi *SOI* yaitu tekanan udara di atas Tahiti minus tekanan udara di atas Darwin-Australia, *SOI* menjadi rendah (negatif), mengindikasikan tekanan di atas Tahiti lebih rendah dari tekanan di atas Australia atau suhu udara di atas Tahiti lebih tinggi dari suhu udara di atas Australia. Fenomenanya menunjukkan adanya gejala *ENSO*. Dan sebaliknya bila indeks ini positif, yang fenomenanya menunjukkan adanya gejala *La Niña* (anti *ENSO*).

Dari persamaan hubungan antara *SOI* dan amplitudo variasi sunspot diatas, *SOI* akan menjadi negatif bila ΔR kurang dari ≈ 6 . Dari olahan data sunspot, amplitudo maksimum (puncak ke puncak) diperoleh nilai $\Delta R \approx 26$, dan amplitudo minimum $\approx nol$. Angka-angka tersebut semata-mata hanya sebagai indikator tentang tingkat aktivitas matahari, pada tingkat aktivitas yang tinggi menunjukkan kecenderungan terjadinya fenomena anti *ENSO* (*La Niña*), dan sebaliknya.



Gambar 4-6 : Korelasi antara *SOI* dengan variasi selubung sunspot bulanan. Sumbu mendatar adalah pergeseran waktu (bulan).



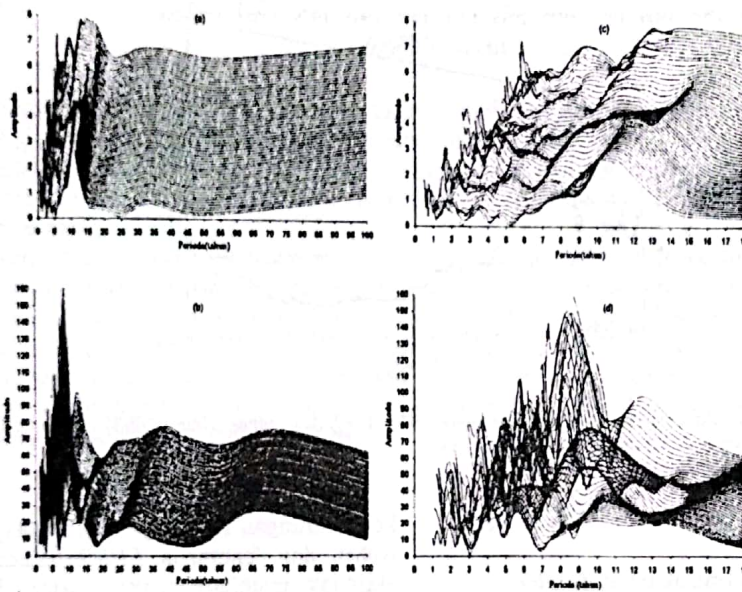
Gambar 4-7 : Diagram korelasi pada pergeseran waktu 2 bulan antara indeks Osilasi Selatan dan Amplitudo total variasi sunspot.

Namun, meskipun memiliki daya spektral yang menonjol tetapi peristiwanya tidak terjadi secara (hampir) kontinu. Hal ini akan nampak pada Gambar 4-5 yaitu kontur selubung variasi sunspot dan *SOI*.

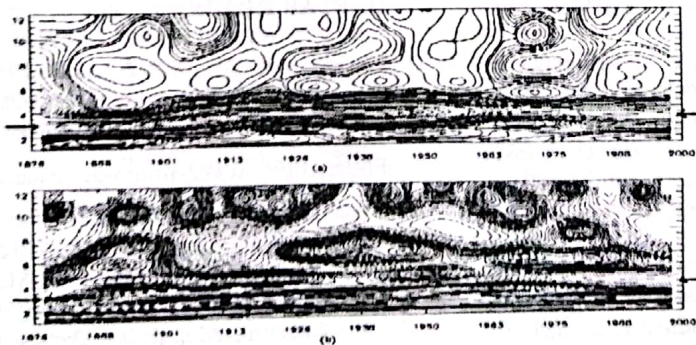
Pada kontur selubung variasi sunspot (Gambar 4-5a) terlihat perioda ~3-4 tahun yang memiliki amplitudo (daya spektral) yang menonjol yang peristiwanya terjadi secara kontinu. Sedangkan kontur *SOI* dari 1878 sampai dengan 1997 (Gambar 4-5b) terlihat amplitudo yang menonjol pada perioda ~3-4 tahun dan ~6-8 tahun. Peristiwa yang terlihat terjadi (hampir) kontinu adalah untuk perioda ~3-4 tahun. Sementara perioda ~6-8 tahun berlangsung dengan rentang perioda yang lebar,

peristiwanya berlangsung secara bervariasi. Hal yang menonjol dapat dilihat pada peristiwa dari ~tahun 1900 sampai dengan ~tahun 1970 (sekitar 70 tahun).

Meskipun dikenal bahwa aktivitas matahari bervariasi dengan siklus ~11 tahun, namun dari hasil olahan data sunspot dan *SOI*, baik yang ditampilkan pada Gambar 4-1 dan Gambar 4-3, Gambar 4-4a dan 4-4.b, serta Gambar 4-5a dan 4-5b secara jelas tidak menunjukkan adanya korelasi antara siklus sunspot 11 tahun dengan *SOI*. Dengan demikian maka, dapat diinterpretasikan bahwa variasi perbedaan tekanan udara antara Darwin dan Tahiti disebabkan adanya variasi keluaran paket energi matahari dengan perioda dominan ~3-4 tahun.



Gambar 4.4. Spektral tahunan variasi sunspot (a) dan spektral tahunan *SOI* (b) sampai perioda 100 tahun. (c) dan (d) penggalan spektra tahunan variasi sunspot dan *SOI* sampai perioda 18 tahun

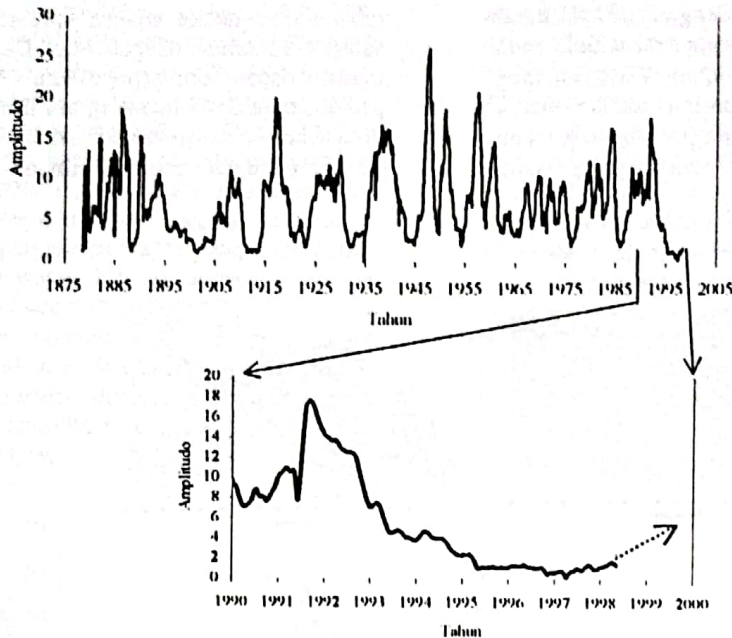


Gambar 4.5 : Kontur perioda perubahan amplitudo selubung variasi sunspot (a), variasi Indeks Osilasi Selatan (b) dari tahun 1878 sampai dengan 1997. Sumbu tegak adalah perioda kejadian dalam satuan tahun. Nampak pada perioda ~3-4 tahun (tanda →) yang sepadan antara selubung sunspot dan *SOI*.

4.3. Bagaimana tahun 1999/2000 ?

Jika ditinjau kurva deret waktu amplitudo total variasi sunspot (Gambar 4-8), terdapat kecenderungan bahwa amplitudo menuju kearah

nilai yang tinggi. Dengan demikian, untuk tahun 1999/2000 ada kemungkinan muncul gejala *La Niña*, yang ditandai dengan tingkat curah hujan di atas normal. Prakiraan ini masih terlampau kasar dan masih perlu dianalisis lebih mendalam.



Gambar 4-8 : Kurva deret waktu amplitudo total variasi sunspot 1878 -1997. Skala untuk tahun 1990-2000 diperbesar untuk memperlihatkan arah kecenderungan amplitudonya.

5. KESIMPULAN

Meskipun dikenal bahwa aktivitas matahari bervariasi periodik 11 tahun (siklus aktivitas matahari) namun tidak menunjukkan adanya hubungan dengan variasi indeks osilasi selatan (*SOI*). Tidak adanya hubungan kedua fenomena tersebut diperlihatkan oleh serial data selama 120 tahun (1878-1997).

Variasi sunspot bulanan yang menumpang pada kurva rata-rata 11 tahun dengan data indeks osilasi selatan berlangsung (hampir) kontinu pada periode ~3-4 tahun. Kesamaan variasi kedua fenomena tersebut diperlihatkan melalui analisis spektral dan analisis korelasi data selubung variasi sunspot bulanan dan *SOI*.

Selubung variasi sunspot diinterpretasikan sebagai paket energi luaran matahari, dan untuk periode ~3-4 tahun mengindikasikan adanya pengaruh terhadap kondisi (tekanan) udara Pasific selatan dan daratan Australia. Hal lain yang diperoleh adalah ada indikasi bahwa tingkat aktivitas matahari yang tinggi menunjukkan

kecenderungan terjadinya fenomena anti *ENSO* (*La Niña*), dan fenomena *ENSO* terjadi bila tingkat aktivitas matahari rendah. Atas dasar hal itu kecenderungan fenomena *La Niña* akan terjadi untuk tahun 1999/2000.

DAFTAR RUJUKAN

- Christoforou P. and S. Hameed, 1997, Solar Cycle and the Pasific 'center of action', *Geophysical Research Letter*, Vol. 24, No. 3 :293-296.
- Foster, 1996, WWZ-transform, *American Association of Variable Star Observer*.
- The Global Climate Syatem, 1991, *Climate Syatem Monitoring December 1988-May 1991*, World Meteorological Organization, World Climate Data and Monitoring Programme & United Nations Environment Programme.
- Todd P. Mitchell, 1996, JISAO data.