

ANALISIS KLIMATOLOGI INDEKS OSILASI SELATAN (SOI) UNTUK PENDUGAAN MUSIM TIGA-BULAN KE DEPAN MENGUNAKAN REGRESI LINIER: PENDUGAAN SOI MUSIM JFM TAHUN 2002

Untung Haryanto¹

Intisari

Telah dilakukan analisis terhadap data klimatologi SOI untuk periode tahun 1900 - 2000 guna mengetahui tingkat peramalannya, serta peristiwa besar yang diakibatkannya. 1200 data bulanan SOI ini di stratifikasi menjadi data musim (season) dua-bulanan dan tiga-bulanan. Hasil analisis autokorelasi menunjukkan bahwa dua deret musiman ini berkaitan erat, dengan korelasi 0,71. Dari hasil ini, dilakukan analisis regresi linier untuk memformulasikan model training, dan kemudian dilakukan validasi. Validasi silang tiga lipatan (three fold cross validation) menunjukkan bahwa model $M3 = 1.027 M2^+ - 1.12$ merupakan model training yang menunjukkan kinerja paling baik, berdasarkan dengan tingkat korelasi antara SOI-musim hasil dugaan (predicted) dengan SOI-musim hasil pengamatan yang memiliki tingkat korelasi sebesar 0,9. Dengan hasil ini maka model training terpilih digunakan untuk melakukan prediksi SOI-musim tiga bulanan ke depan. Dengan data musim ND tahun 2001, hasil model menunjukkan bahwa musim JFM tahun 2002 adalah normal.

Abstract

Climatology of Southern Oscillation Index (SOI) within period of 1900 - 2000 was out to analyzed to find out its predictability, and possibility impacts might follow. Total of 1200 monthly SOI data was stratified into new series, namely 2-month SOI-season and 3-month SOI-season. The result of auto-correlation analysis indicates that this two series have strong lag-correlation ie 0,71. Base on this result, linear regression analysis was applied to formulate a model training, and then to validate its model. Three-fold Cross Validation of model training indicates that model training $M3 = 1.027 M2^+ - 1.12$ has better performance, because correlation between SOI-season prediction and SOI real data, is 0.9. Therefore the model may be used in forecasting activity to predict three SOI-season ahead. Based on SOI season ND 2001 the model says that JFM SOI season is normal.

Kata kunci : klimatologi, validasi silang tiga lipatan (three fold cross validation), model kandidat (training model), prediksi (forecast)

1. PENDAHULUAN

SOI digunakan oleh banyak ahli keikliman dan meteorologi untuk mengukur kekuatan El Nino Southern Oscillation (ENSO), yaitu melemahnya angin pasat yang berkaitan dengan suhu muka laut di lautan Pasifik. Menurut NOAA (1998), SOI didefinisikan sebagai normalized difference in surface pressure between Tahiti and Darwin.

Kejadian-kejadian masa lalu kala terjadinya musim yang ekstrim seperti musim kemarau kering yang panjang, musim penghujan yang basah, musim kemarau yang basah, musim penghujan yang kering, musim badai siklon tropis, musim dingin yang amat dingin pada berbagai tempat di dunia berkaitan erat dengan intensitas dan durasi SOI. Dua keadaan musim yang ekstrim oleh para ahli disebut sebagai El Nino dan La Nina. Kalau terjadi La Nina, maka Nilai SOI secara berturutan selama tiga sampai lima bulan berada pada nilai positif dan di atas nilai +5, sedangkan bila terjadi El Nino, nilai SOI secara berturutan negatif dan kurang dari -5.

1. Ahli Peneliti Utama Bidang Modifikasi Cuaca dan Keikliman pada UPT Hujan Buatan, Email: untungh@bppt.go.id

Di Indonesia, El Nino dianggap bertanggung jawab terhadap Kebakaran hutan dan kabut asap yang terjadi di Kalimantan. Dengan cara ini orang menyebutkan tahun 1982/1983 sebagai tahun El Nino paling kuat sejak tahun 1950, sedangkan El Nino terpanjang terjadi selama 4 tahun, yaitu 1991 s.d. 1994. Selain memiliki keterkaitan erat dengan fenomena musim yang ekstrim, setiap musim pada deret waktu SOI memiliki sifat keterkaitan dengan musim sebelumnya, yang ditunjukkan dengan pola deret waktu yang berulang (*seesaw*) dan *lag-correlation* yang tinggi (von Storch, 1998 and CLIVAR, 1995). Sifat-sifat ini merupakan indikator yang berguna untuk melakukan *forkas* SOI. Model peramalan SOI yang memiliki tingkat *forkasting* (prediktabilitas) yang tinggi jelas sangat berguna dan bermanfaat untuk membuat perencanaan pembangunan, baik jangka panjang, maupun jangka pendek. Utamanya adalah untuk melakukan antisipasi terhadap musim ekstrim yang akan terjadi di depan. Haryanto (1999) menyatakan bahwa curah hujan di daerah Soroako (Sulawesi Selatan), dan DAS Citarum (Jawa Barat) berkaitan erat dengan fenomena ENSO.

Menyadari kemanfaatan *forkasting* SOI, maka penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formulasi model training *forkasting* SOI yang memiliki tingkat prediktabilitas (*forecasting skill*) yang tinggi dan menunjukkan unjuk kerja yang baik sehingga model training ini menjadi model operasional yang secara klimatologi memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam melakukan *forkasting*.

2. DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah catatan data klimatologi SOI yang dipublikasikan oleh The Longpaddock (Australia) dengan periode 100 tahun, yaitu Januari tahun 1900 hingga Desember tahun 2001. Data dalam bentuk matriks ini adalah nilai SOI. Untuk keperluan analisis, data dibuat menjadi bentuk deret, data terakhir pada suatu tahun yaitu Desember disambungkan dengan data bulan Januari tahun berikutnya. Dari sini kemudian dibentuk deret musim. Musim (*season*) SOI dua-bulanan dibentuk berdasarkan jumlah nilai SOI untuk musim tersebut (Haryanto, 1999, NRCS, 1997), demikian juga untuk musim SOI tiga-bulanan. Nilai penjumlahan ini tidak mempunyai arti fisis, melainkan hanya untuk menunjukkan ciri musim tersebut, dan digunakan sebagai pengganti nilai rata-rata SOI pada musim tersebut. Dengan demikian terbentuk musim JF, (JanuariFebruari), musim FM, (FebruariMaret), musim MA, (MaretApril) dan seterusnya. SOI Musim tiga bulanan dibentuk dengan cara yang sama. Dari analisis *lag-correlation* dicari tingkat keterkaitan

dua SOI musim ini. Selanjutnya analisis regresi diterapkan pada dua deret musim ini.

Deret musim SOI tiga bulanan ditetapkan sebagai prediktan (variabel-Y), sedangkan deret musim SOI dua bulanan merupakan prediktor (variabel-X). Validasi model dilakukan dengan *Three Fold Cross Validation*: set data musim SOI baik dua bulanan maupun tiga bulanan yang berasal dari 100 tahun data, dilipat membentuk tiga lipatan (*fold*) dengan periode yang relatif sama yaitu 33 tahun, sebut sebagai A, B, dan C. Dari masing-masing set data ini dilakukan analisis regresi untuk mendapatkan model keterkaitannya, dan model yang didapat dinamakan model training (MTr), yaitu MTr_A, MTr_B, dan MTr_C. Setiap model training divalidasi dengan set data secara silang atau *cross-validation* (Shabbar and Barnston 1996, Mason 1998, dan Storch 1998), dengan ilustrasi seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Model terpilih yang digunakan untuk operasional ditentukan dengan kinerja (*performance*) hasil dugaan model training dengan hasil observasi, yaitu model training yang memberikan tingkat keterkaitan paling erat antara hasil *forkasting* dengan hasil observasi, diukur dengan korelasi.

Tabel 1. Ilustrasi set data untuk *building model training* dan *cross validation* (validasi silang)

	Model Training		
	MTr_A	MTr_B	MTr_C
Periode data untuk membangun model (<i>building model</i>)	1900 - 1932	1933 - 1966	1967 - 2000
Validasi silang dengan periode data	1933 - 1966 dan 1967 - 2000	1900 - 1932 dan 1967 - 2000	1900 - 1932 dan 1933 - 1966

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3-1. Tahun Normal dan Tahun ENSO

Penulis mengambil asumsi batas +77 dan -77 untuk tahun normal dalam arti bila jumlah SOI dalam setahun lebih besar dari 77 maka tahun itu dinyatakan sebagai tahun La Nina, sedang kan bila kurang dari -77 maka tahun tersebut dinyatakan sebagai tahun El Nino.

Tahun-tahun La Nina yang terjadi segera setelah tahun-tahun El Nino ditandai dengan

Tabel 2. Tahun-tahun El Nino Dalam Periode 1900 – 2000

No.	Tahun	Jumlah SOI dalam Setahun
1	1905	-226,6
2	1912	-100,8
3	1919	-111
4	1940	-161,8
5	1941	-151
6	1946	-77,2
7	1953	-79,2
8	1965	-95
9	1972	-96
10	1977	-110,5
11	1982	-150,5
12	1983	-99,5
13	1987	-151,7
14	1991	-104,2
15	1992	-121,4
16	1993	-106,9
17	1994	-135,8
18	1997	-132,3

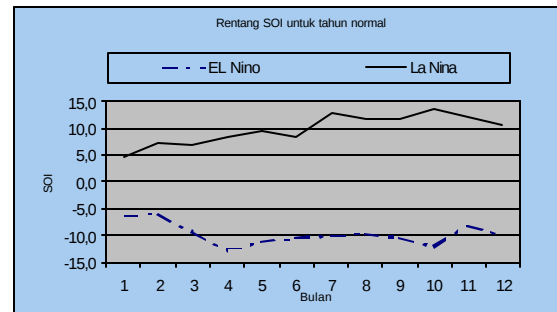
Tabel 3. Tahun-tahun La Nina Dalam Periode 1900 – 2000

No.	Tahun	Jumlah SOI dalam Setahun
1	1910	142,1
2	1916	80,9
3	1917	232,8
4	1938	101
5	1950	170,1
6	1955	113,7
7	1956	119
8	1971	121,8
9	1973	80,5
10	1974	112,6
11	1975	150,2
12	1988	86,7
13	1999	88,1
14	2000	89,5

musim dingin yang sangat dingin, atau hujan yang berlebih. Menurut Cesar Caviedes yang dikutip oleh Wuski (2001), kekalahan pasukan Hitler yang memasuki Rusia pada Nopember 1942 diakibatkan oleh musim dingin yang amat dingin yang terjadi di Rusia, yang terjadi setelah berlangsungnya El Nino pada tahun 1941 (Tabel 2). Melalui rekonstruksi fenomena El Nino menggunakan data meteorologi, diketahui bahwa El Nino juga dianggap bertanggungjawab atas tenggelamnya kapal Titanic yang menabrak gunung es di tahun 1912. Transisi dari tahun La Nina kuat pada tahun 1910 (Tabel 3) menjadi tahun El Nino kuat pada tahun 1912 menyebabkan banyak gunung es yang terlepas pada awal 1912. Selain itu Tabel 1 juga dapat dijadikan sebagai kilas balik tahun-tahun El Nino lainnya. "Mother of El Nino" merupakan El Nino terbesar sejak tahun 1950. intensitasnya paling kuat dan berlangsung selama 11 bulan mulai Juni 1982 hingga April 1983. El Nino terpanjang tercatat berlangsung selama empat tahun, 1991 hingga 1994. El Nino

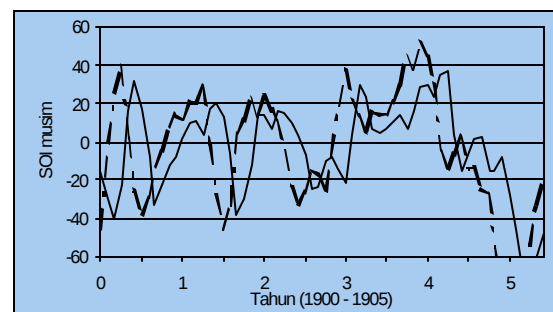
1997 berlangsung selama 9 bulan, sejak April 1997. Jika SOI rata-rata yang terjadi pada tahun-tahun El Nino dan La Nina di plotkan maka secara umum dapat terlihat daerah kisaran SOI untuk tahun-tahun normal (Gambar 1)

Dari gambar tersebut tampak bahwa El Nino biasanya muncul pada bulan Maret-April, dengan nilai SOI kurang dari -6.5, terus bertahan (konsisten) atau bertambah kuat hingga bulan Nopember dan kemudian melemah pada bulan-bulan berikutnya, hal yang sama juga terjadi ketika berlangsungnya La Nina.

**Gambar 1.** Rentang SOI rata-rata untuk tahun Normal, yaitu di antara Tahun El Nino dan Tahun La Nina.

3-2 Model pendugaan 3 Bulanan Ke Depan

Potensi forkas atau sifat prediktabiliti dari SOI terdapat karena adanya pola yang sangat mirip antara deret musim SOI yang sudah berjalan dengan deret SOI didepannya. Gambar 2 merupakan perbandingan antara deret musim SOI dua bulanan (JF, FM, MA, dan seterusnya) dengan deret SOI musim tiga bulanan yang mengikutinya (MAM, AMJ, MJJ, dan seterusnya).

**Gambar 2.** korelasi tenggang (lag correlation) antara SOI musim tiga bulanan (M3) dengan SOI musim dua bulanan yang mendahuluinya (M2⁺)

Melalui analisis regresi diperoleh tiga model training yang dapat membangkitkan atau menghasilkan dugaan (forkas) musim SOI tiga bulanan ke depan (peubah Y, atau prediktand) dari musim SOI dua bulanan yang telah berjalan (peubah X, atau prediktor). Model training ini ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Model Training : Periode Data Untuk Membangun Model Dan Tingkat Keeratan Peubahnya

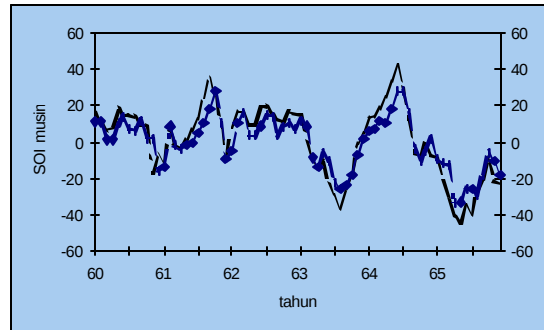
Model Training	Periode Data Untuk Membangun Model	Tingkat Keeratan peubah (R-sq)
A: $M3 = 0.85 M2^+ + 0.64$	1900-1932	0.36
B: $M3 = 0.92 M2^+ + 0.32$	1933-1966	0.42
C: $M3 = 1.027 M2^+ - 1.12$	1967-2000	0.52

3-3 Three fold Cross Validation

Ditinjau dari tingkat keeratan peubah maka model-model pada Tabel 4 memiliki tingkat forecasting skill yang berbeda, namun ketiga model training ini memiliki forecasting skill yang lebih baik dari kelas *lowest skill* ($R^2 < 0.35$), yaitu kelas *medium skill* ($R^2 = 0.35 - 0.45$). Model training C bahkan memiliki kelas *better* ($R^2 > 0.45$), dengan $R^2 = 0.52$. Kinerja model training dievaluasi, yang diukur dengan tingkat keeratan (dalam R) antara M3 hasil dugaan, dengan M3 observasi. Hasilnya menunjukkan bahwa *model Training C* menghasilkan kinerja paling baik karena membangkitkan dugaan M3 yang berkorelasi paling besar dengan M3 yang diperoleh dari hasil observasi, yaitu 0.965. Perbandingan antara hasil dugaan M3 dengan M3 yang diperoleh dari hasil pengamatan, diperlihatkan pada Gambar 3. Tampak bahwa data yang dibangkitkan mampu menghasilkan data SOI musim tiga bulanan dan medahului musim tiga bulanan yang di observasi dengan baik.

3-4 Musim SOI JFM tahun 2002

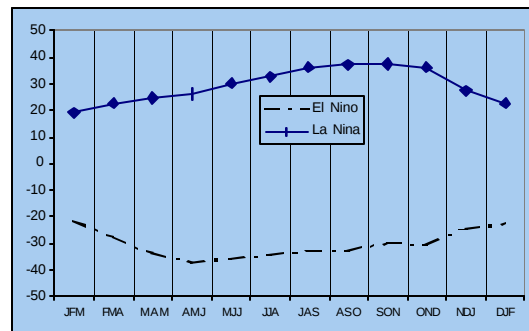
Sesuai dengan model yang telah divalidasi, untuk menduga musim SOI JFM (Januari-Februari-Maret) tahun 2002 (sebagai prediktan), maka prediktor-nya adalah SOI musim ND(NopemberDesember) tahun 2001. Menurut data yang dipublikasikan oleh The Longpadock menunjukkan bahwa nilai SOI untuk bulan Nopember adalah 9, sedangkan untuk bulan Desember adalah -11.2, sehingga SOI musim ND tahun 2001 adalah -2.2. Menggunakan model



Gambar 3. Perbandingan deret waktu SOI musim 3 bulanan 1960 -1965: Hasil Observasi (kurva bertanda ♦) dan forkasting menggunakan model (kurva tidak bertanda). Rentang periode lainnya tidak disertakan karena menyebabkan gambar saling menumpuk tidak terlihat.

penduga (model C) maka musim SOI untuk tiga bulan di depan sesudah SOI musim ND ($M2^+$) tahun 2001 adalah SOI musim JFM tahun 2002, dengan nilai $1.026652 \cdot (M2^+) - 1.11992 = -3.4$. Dari Gambar 4 menunjukkan bahwa SOI musim DJF tahun 2002 terletak di antara kurva atas (La Nina) dan kurva bawah (El Nino).

Dengan demikian berdasarkan model ini maka **musim JFM tahun 2002 adalah normal**, artinya bahwa berdasarkan model iklim yang dibangun menggunakan klimatologi SOI maka tidak terdapat pertanda munculnya musim yang ekstrim yang berkaitan dengan El Nino atau La Nina hingga akhir Maret 2002. Data SOI musim dua bulanan berikutnya akan menguatkan prediksi muncul atau tidaknya fenomena El Nino atau La Nina di tahun 2002.



Gambar 4. Rata-rata nilai SOI musim tiga bulanan pada tahun ENSO (dari data tahun 1900-2000).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan validasi silang tiga lipatan (*three fold cross validation*), model regresi linier soi musim tiga bulanan atas soi musim dua bulanan yang mendahuluinya menunjukkan unjuk kerja

yang baik dengan *skill better*. Dengan demikian model training yang dihasilkan berstatus operasional untuk forkasting SOI musim tiga bulanan ke depan. Menggunakan model operasional $M3 = 1.027 M2^* - 1.12$ dan data SOI musim dua bulanan ND tahun 2001 maka musim JFM tahun 2002 adalah normal.

Monitoring musim dua bulanan berikut nya akan makin meyakinkankan apakah El Nino atau La Nina muncul atau tidak di tahun 2002.

5. DAFTAR PUSTAKA

- CLIVAR. 1995: A study of Climate Variability And Predictability. Science Plan. WCRP-89. WMO / TD No.690
- Haryanto,U. 1999: Response To Climate Change: Simple Rainfall Prediction Base On Southern Oscillation Index. Proceeding Of. nd International Conference On Science And Technology For The Assessment On Ondonesian Maritime Continent. pC5.1-C5.6 2.
- Mason, S.J. 1998: Seasonal Forecasting Of South African Rainfall Using A Non-Linear Discriminant Analysis Model. Inyernational Journal of Climatology, Vol. 18, 147-164 (1998)
- Shabbar, A. And A.G. Barnston. 1996: Skill of Seasonal Climate Forecast in Canada Using Canonical Correlation Analysis. Monthly Weather Review Vol.124.No.10, October 1996
- von Storch, H. and F.W. Zwiers. 1998: Statistical Analysis In Climate Research. Cambridge University Press 1998.
- NRCS. 1997. SOI-Statistical Correlation With Spring Runoff In Western US. <http://www.idsnow.id.nrcs.usda.gov/snow/water/soiwsf2.htm>

DATA PENULIS

UNTUNG HARYANTO, Masuk BPP Teknologi tahun 1981. S1 bidang **Fisika**, menyelesaikan S2 bidang **Klimatologi** di Institut Pertanian Bogor (IPB). Sekarang sebagai Ahli Peneliti Utama bidang Teknologi Modifikasi Cuaca Dan Keikliman. Tahun 1996 mendapat penghargaan ilmiah dari Pemerintah: **Satya Lancana Wira Karya**

