

## EVALUASI KEBAIKAN MODEL VAR DIBANDINGKAN MODEL STAR PADA PERAMALAN PRODUKSI TEH DI JAWA BARAT

### THE GOODNESS OF FIT EVALUATION ON VAR MODEL COMPARED WITH STAR MODEL FOR TEA PRODUCTION FORECASTING AT WEST JAVA

Suhartono<sup>1</sup> dan Dhoriva Urwatul Wutsqa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

<sup>2</sup>Jurusan Matematika, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta

[suhartono@statistika.its.ac.id](mailto:suhartono@statistika.its.ac.id); [dhoriva@yahoo.com](mailto:dhoriva@yahoo.com)

#### ABSTRAK

Data deret waktu dan lokasi adalah salah satu data multivariat yang seringkali kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Artikel ini membahas hasil evaluasi perbandingan pembentukan model VAR yang diaplikasikan untuk peramalan data deret waktu dan lokasi dengan studi kasus produksi teh di tiga lokasi perkebunan di Jawa Barat. Fokus pembahasan adalah pada tahap-tahap pembentukan model dan ketepatan hasil ramalan. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa model VAR memberikan tahapan-tahapan pembentukan model, meliputi tahap identifikasi, estimasi, dan cek diagnosa, yang lebih teliti secara statistik dan lebih fleksibel terutama pada penentuan orde model yang tidak harus autoregressive orde tertentu. Sebagai tambahan, hasil perbandingan ketepatan ramalan dari data produksi teh menunjukkan bahwa model VAR memberikan ketepatan ramalan yang lebih baik dibanding model STAR.

*Kata kunci : Model VAR, Model STAR, Peramalan Produksi Teh.*

#### ABSTRACT

*In daily life, we frequently deal with the data that depend not only on time (with past observations) but also on site or space. This article discusses the results of comparison between model building of VAR (Vector Autoregressive) and STAR (Space-Time Autoregressive) models, which are applied for forecasting space and time series data in a case study of monthly tea production in three location at West Java. The comparison was focused on the model building steps and the accuracy in forecasting. The results show that VAR model gives model-building steps (i.e. identification, parameter estimation, and diagnostic check) which are statistically more rigorous and flexible than STAR model, particularly on the determination of order model which is not necessarily to be an autoregressive order. Additionally, the comparison of accuracy in forecasting on the data of tea production shows that VAR model gives a better accuracy in forecasting than STAR model.*

*Keywords: VAR Model, STAR Model*

#### PENDAHULUAN

*Time series* atau data deret waktu merupakan suatu deretan observasi yang diambil secara berurutan berdasarkan waktu dengan interval yang sama, bisa harian, mingguan, bulanan, tahunan atau yang lainnya (Box *et al.*, 1994). Prosedur Box-Jenkins dalam pemodelan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) adalah prosedur yang populer dan banyak digunakan dalam analisis *time series* untuk memodelkan dan menjelaskan

dependensi waktu pada suatu data deret waktu univariat.

Model VARIMA (*Vector Autoregressive Integrated Moving Average*) adalah suatu pendekatan peramalan kuantitatif yang biasanya diterapkan pada data deret waktu yang multivariat. Model ini menjelaskan keterkaitan antar pengamatan pada variabel tertentu pada suatu waktu dengan pengamatan pada variabel itu sendiri pada waktu-waktu sebelumnya, dan juga keterkaitannya dengan pengamatan pada

variabel lain pada waktu-waktu sebelumnya. Beberapa studi empirik seringkali melibatkan data deret waktu multivariat. Sebagai contoh, dalam studi tentang penjualan, variabel-variabel yang mungkin terlibat adalah volume penjualan, harga, dan biaya iklan. Contoh yang lain adalah penjualan suatu produk barang pada beberapa daerah pemasaran yang saling berdekatan dan berkaitan.

Misalkan  $z_i(t)$  dengan  $t \in T$ ,  $T = \{1, 2, \dots, T\}$  dan  $i = \{1, 2, \dots, N\}$  merupakan indeks parameter waktu dan variabel (misalkan berupa lokasi yang berbeda atau jenis produk yang berbeda) yang terhitung dan terbatas, maka model VARMA secara umum dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\Phi_p(B) \dot{z}(t) = \Theta_q(B) a(t), \quad (1)$$

dengan  $\dot{z}(t)$  adalah vektor deret waktu multivariat yang terkoreksi nilai rata-ratanya,  $\Phi_p(B)$  dan  $\Theta_q(B)$  berturut-turut adalah suatu matriks *autoregressive* dan *moving average* polinomial orde  $p$  dan  $q$ . Model yang hanya memuat parameter *autoregressive* disebut model *Vector Autoregressive* order  $p$  atau VAR ( $p$ ) dan model dengan parameter *moving average* disebut model *Vector Moving Average* order  $q$  atau VMA ( $q$ ). Teori dan metodologi yang berkaitan dengan model VARIMA ini secara lengkap dapat dibaca di Chatfield (2001).

Seringkali dalam kehidupan sehari-hari kita jumpai data yang tidak hanya mengandung keterkaitan dengan kejadian pada waktu-waktu sebelumnya, tetapi juga mempunyai keterkaitan dengan lokasi atau tempat yang lain yang seringkali disebut dengan data spasial. Model *space-time* adalah salah satu model yang menggabungkan unsur dependensi waktu dan lokasi pada suatu data deret waktu multivariat. Model *space-time* ini pertama kali diperkenalkan oleh Pfeifer dan Deutsch (1980a, 1980b).

Model *Space-Time Autoregressive* orde  $p$ , STAR ( $p, \lambda_1, \dots, \lambda_p$ ) dari Pfeifer dan Deutsch dirumuskan sebagai berikut:

$$z(t) = \sum_{k=1}^p \sum_{l=0}^{\lambda_p} \phi_{kl} W^{(l)} z(t-k) + a(t) \quad (2)$$

dengan

$\lambda_p$  : spasial lag dari bentuk

*autoregressive* orde  $p$

$\phi_{kl}$  : parameter STAR pada *time lag*  $k$  dan spasial lag  $l$

$W^{(l)}$  : matriks bobot ukuran  $(N \times N)$  pada spasial lag  $l = 0, 1, 2, \dots, N$

$a(t)$  : vektor *noise* ukuran  $(N \times 1)$  berdistribusi normal multivariat dengan mean 0 dan matriks varians-kovarians  $\sigma^2 I_N$

$z(t)$  : vektor acak ukuran  $(N \times 1)$  pada waktu  $t$ .

Model STAR di atas sebenarnya adalah gabungan model *autoregressive* orde  $p$ , AR( $p$ ) dari Box-Jenkins dan model spasial.

Model STAR telah banyak diterapkan di berbagai bidang ilmu. Epperson (2000) menggunakan model STAR pada masalah variasi genetik berdasarkan waktu dan lokasi, Kyriakidis dan Journal (1999) pada bidang Geologi, serta Kamarianakis dan Prastacos (2005) untuk menyelesaikan masalah transportasi. Model STAR juga dikenal secara luas di bidang ekonomi (Giacomini dan Granger, 2004) dan untuk peramalan data tenaga kerja (Hernandez-Murillo dan Owyang, 2004).

Penaksiran parameter model STAR dapat dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat simpangannya. Secara lengkap teori dan metodologi yang berkaitan dengan model STAR ini dapat dibaca di Nurani (2000, 2001), serta Pfeifer dan Deutsch (1980a, 1980b).

Tujuan utama artikel ini adalah memberikan bukti empirik pada evaluasi perbandingan antara model VAR dan STAR untuk peramalan data deret waktu dan lokasi. Permasalahan yang diteliti meliputi evaluasi perbandingan model VAR dan STAR ditinjau dari tahapan-tahapan pembentukan model dan hasil ketepatan ramalan pada data perkebunan teh di Jawa Barat. Dengan penelitian ini diharapkan dapat diperoleh suatu model peramalan yang terbaik untuk produksi teh di waktu-waktu yang akan datang. Pada akhirnya, hasil ramalan ini dapat digunakan sebagai input awal yang tepat untuk perencanaan produksi dan pemasaran teh yang ada di Jawa Barat.

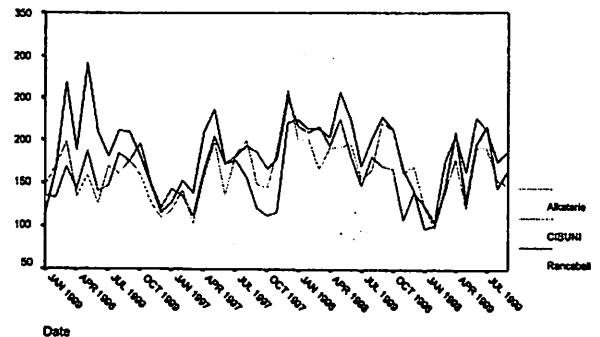
**METODE PENELITIAN**

Dalam artikel ini digunakan data sekunder dari penelitian yang telah dilakukan oleh Nurani (2000), yaitu data tentang produksi teh di tiga lokasi perkebunan yang ada di Jawa Barat, antara lain Rancabali, Cibuni dan Alkaterie. Data tersebut merupakan data produksi bulanan yang diamati selama periode waktu Januari 1996 sampai dengan September 1999 atau terdiri dari 45 pengamatan bulanan.

Proses pembentukan model VAR yang meliputi tahap identifikasi, estimasi parameter, cek diagnosa, dan peramalan dilakukan dengan menggunakan paket statistik SAS, dengan menjalankan PROC STATESPACE. Pada setiap tahap pembentukan model, evaluasi perbandingan akan dilakukan dengan hasil pembentukan model STAR yang telah dilakukan oleh Nurani (2000). Berdasarkan hasil kedua model pada data teh di tiga lokasi perkebunan yang ada di Jawa Barat dilakukan perbandingan ketepatan ramalan dilihat dari nilai *Mean Squares Error* (MSE). Model dengan nilai MSE yang lebih kecil merupakan model peramalan yang lebih akurat.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Deskripsi dari data produksi teh di tiga lokasi perkebunan dengan menggunakan plot *time series* dapat dilihat pada Gambar 1. Plot ini menunjukkan bahwa ketiga deret waktu tersebut sudah stasioner sehingga proses *differencing* tidak perlu dilakukan.



Gambar 1. Plot time series data produksi teh di tiga lokasi perkebunan

Pada tahap identifikasi, proses pembentukan model VAR dilakukan melalui identifikasi plot *time series*, MACF (*Matrix Autocorrelation Function*), MPACF (*Matrix Partial Autocorrelation Function*), dan nilai AIC (*Akaike Information Criteria*) pada beberapa orde model. Setelah data diketahui stasioner melalui plot *time series*, maka dilakukan perhitungan dan analisis bentuk dari MACF dan MPACF, serta nilai AIC pada beberapa orde AR. Ketiga besaran ini digunakan sebagai dasar untuk penentuan orde model VAR, khususnya pada nilai AIC yang terkecil. Secara lengkap hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Dari bentuk MACF yang cenderung *dies-down*, dan MPACF yang *cuts off* setelah lag 1, maka dapat diduga model sementara yang sesuai adalah VAR(1). Hasil ini dipertegas oleh nilai AIC yang terkecil pada lag 1, sehingga dapat disimpulkan pada tahap identifikasi diperoleh model sementara yang sesuai adalah VAR(1)

Tabel 1. Representasi Skematik MACF dan MPACF

Schematic Representation of Correlations											
Name/Lag	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	+++	+. .	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Y	+++	.++	...	..+	...	...	...	...	...	...	...
Z	+++	..+	..+	..+	-. .	...	-. .	...	...	...	...

+ is > 2\*std error, - is < -2\*std error, . is between

Tahel 2. Nilai AIC untuk menduga orde model VAR

**Schematic Representation of Partial Autocorrelations**

Name/Lag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Y	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Z	..+	...	..	...	...	...	...	...	...	...

+ is > 2\*std error, - is < -2\*std error, . is between

**Information Criterion for Autoregressive Models**

Lag=0	Lag=1	Lag=2	Lag=3	Lag=4	Lag=5
922.6313094	889.1242349	900.7861713	908.0081797	904.874409	912.7524638
Lag=6	Lag=7	Lag=8	Lag=9	Lag=10	
899.583834	908.7655321	920.5753635	930.5641885	938.3197873	

Selanjutnya, pada tahap estimasi parameter, nilai-nilai taksiran dari parameter model diperoleh melalui beberapa metode estimasi, antara lain metode *least squares* (kuadrat terkecil) atau *maximum likelihood estimation* (MLE). Pada tahap ini pula, uji signifikansi parameter model dapat dilakukan.

Parameter-parameter yang tidak signifikan secara statistik dieliminasi dan estimasi ulang dengan tidak melibatkan parameter tersebut dilakukan kembali, sampai diperoleh model yang semua parameternya signifikan secara statistik. Secara lengkap output pada tahap ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tahel 3. Hasil estimasi parameter dan uji signifikansi parameter pada model VAR terbaik

**Estimate of the Transition Matrix**

0.525	0.000	0.000
0.000	0.423	0.000
-0.142	0.000	0.637

**Parameter Estimates**

	Parameter Estimate	Std. Err.	T value
F(1,1)	0.525469	0.105739	4.969475
F(2,2)	0.423379	0.105628	4.00822
F(3,1)	-0.14227	0.080073	-1.77679
F(3,3)	0.637052	0.097171	6.555976

Pada tahap cek diagnosa dilakukan pengecekan apakah residual dari model telah memenuhi syarat *white noise*, melalui MACF, MPACF dan nilai AIC dari residual. Pengecekan juga dilakukan untuk mengetahui apakah residual terdistribusikan secara normal multivariat. Akhirnya, tahap peramalan dapat dilakukan pada suatu model terbaik yang

diperoleh dari tahap-tahap sebelumnya.

Hasil lengkap pada setiap tahap pembentukan model VAR untuk kasus produksi teh ini dapat dilihat di Suhartono (2003). Secara ringkas evaluasi perbandingan pembentukan model VAR dan STAR (berdasarkan hasil dari Nurani (2000)) pada kasus produksi teh ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan evaluasi perbandingan pembentukan model VAR dan STAR

Tahap pembentukan model	Model VAR	Model STAR	Keterangan
1. Identifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plot time series untuk deteksi stasio-ncritas data deret waktu.</li> <li>▪ Plot MACF dan MPACF sebagai dasar dugaan orde model.</li> <li>▪ Nilai AIC sebagai dasar utama dugaan orde model.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plot time series untuk deteksi stasio-neritas data deret waktu.</li> <li>▪ Plot ACF dan PACF sebagai dasar dugaan orde model.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SAMA</li> <li>▪ TIDAK SAMA</li> <li>▪ TIDAK SAMA</li> </ul>
2. Estimasi parameter	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Penentuan semua nilai taksiran parameter model, baik bobot antar waktu atau bobot antar variabel (lokasi), dilakukan secara simultan dengan menggunakan metode <i>least squares</i> atau MLE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Penentuan nilai taksiran parameter model terbagi dalam dua bagian, bobot antar lokasi dan antar waktu</li> <li>▪ Penentuan bobot antar lokasi merupakan hal yang penting, seringkali menggunakan konsep jarak.</li> <li>▪ Penentuan bobot antar waktu menggunakan metode <i>least squares</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ TIDAK SAMA</li> </ul>
3. Cek Diagnosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uji <i>white noise</i> secara multivariate melalui MACF, PACF dan AIC dari residual model.</li> <li>▪ Uji distribusi multivariate normal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Belum ada uji yang baku untuk cek diagnosa kesesuaian model</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ TIDAK SAMA</li> </ul>
4. Peramalan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melalui operasi ekspektasi bersyarat dengan menggunakan model terbaik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melalui operasi ekspektasi bersyarat dengan menggunakan model terbaik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SAMA</li> </ul>

Model VAR terbaik yang diperoleh untuk kasus produksi teh ini adalah VAR(1), yaitu

$$\begin{bmatrix} \hat{z}_1(t) \\ \hat{z}_2(t) \\ \hat{z}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,526 & 0 & 0 \\ 0 & 0,4234 & 0 \\ -0,142 & 0 & 0,637 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{z}_1(t-1) \\ \hat{z}_2(t-1) \\ \hat{z}_3(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1(t) \\ a_2(t) \\ a_3(t) \end{bmatrix}, \quad (3)$$

sedangkan model STAR(1<sub>1</sub>) yang diperoleh oleh Nurani [4] adalah

$$\begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ z_3(t) \end{bmatrix} = 0,6589 \begin{bmatrix} z_1(t-1) \\ z_2(t-1) \\ z_3(t-1) \end{bmatrix} + 0,4856 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0,5 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-1) \\ z_2(t-1) \\ z_3(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1(t) \\ a_2(t) \\ a_3(t) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

dengan  $z_i(t)$  menyatakan deret waktu tentang produksi teh di perkebunan ke- $i$  pada bulan ke- $t$ . Model STAR(1<sub>1</sub>) pada (12) ini secara ringkas dapat pula ditulis dalam bentuk seperti persamaan (11), yaitu menjadi

$$\begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ z_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,6589 & 0,4856 & 0 \\ 0,2428 & 0,6589 & 0,2428 \\ 0 & 0,4856 & 0,6589 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t-1) \\ z_2(t-1) \\ z_3(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1(t) \\ a_2(t) \\ a_3(t) \end{bmatrix}, \quad (5)$$

Hasil penjabaran ini memberikan bukti empirik bahwa model STAR(1<sub>1</sub>) untuk kasus data produksi teh merupakan model yang sama dengan model VAR untuk peramalan data deret waktu multivariat.

Perbedaan utama antara hasil model VAR dan STAR pada kasus ini adalah pemodelan VAR yang menghasilkan model VAR(1) memberikan nilai-nilai dugaan parameter yang lebih masuk akal (*reasonable*) dan realistis dari aspek permasalahan nyatanya karena tidak harus memaksakan nilai-nilai yang sama untuk parameter yang menjelaskan dependensi lokasi (angka selain diagonal) dan dependensi waktu (angka diagonal). Hal ini kontradiktif dengan model STAR(1) seperti yang diperoleh oleh Nurani (2000), dimana model tersebut memberikan angka yang relatif kaku yaitu sama, baik untuk dependensi waktu ataupun dependensi lokasi. Kelemahan ini telah direvisi dan dikembangkan oleh Nurani (2002) dengan suatu model yang disebut dengan GSTAR (*Generalized Space-Time Autoregressive*), yang menghasilkan model *space-time* dengan parameter-parameter yang tidak harus sama untuk dependensi lokasi dan/atau waktunya. Dalam tulisannya, Nurani (2002) juga menyatakan bahwa model GSTAR secara matematis kalau dijabarkan akan sama dengan model VAR. Kajian yang berkaitan dengan tentang model GSTAR juga dapat dilihat pada Suhartono dan Subanar (2006, 2007).

Sedangkan hasil perbandingan ketepatan ramalan untuk kedua model ini dapat dilihat pada Tabel 5. Dari tabel ini dapat dilihat bahwa model VAR memberikan ketepatan ramalan yang lebih baik pada data produksi teh dibanding model STAR.

**Tabel 5.** Perbandingan ketepatan ramalan antara model VAR dan STAR

Perkebunan	Mean Squares Error (MSE)	
	Model VAR	Model STAR
1. Rancabali	1756,82	2693.34
2. Cibuni	946,55	2611.21
3. Alkaterie	800,73	1837.13

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil pada bagian sebelumnya dapat ditarik dua kesimpulan utama seperti berikut ini :

- (1). Model VAR adalah model yang tepat dan lebih fleksibel untuk diterapkan pada data deret waktu yang multivariate dalam lokasi dan waktu. Fleksibilitas ini terutama berkaitan dengan tahapan-tahapan pembentukan model, khususnya pada penentuan orde model yang tidak harus *autoregressive* (AR) orde tertentu.
- (2). Evaluasi perbandingan pada tahap-tahap pembentukan model menunjukkan bahwa model VAR adalah model yang sudah final baik secara teori atau implementasi di paket statistik, dan hal ini berlainan dengan model STAR yang relatif belum selesai secara teori, terutama berkaitan dengan penentuan bobot antar lokasi, penaksiran parameter model dan cek diagnosa untuk kesesuaian model. Hasil perbandingan tingkat ketepatan ramalan pada contoh kasus juga menunjukkan bahwa model VAR memberikan akurasi ramalan yang lebih baik dibanding model STAR.

## Saran

Untuk penelitian lanjut, perlu dilakukan kajian lebih mendalam terutama berkaitan dengan pengembangan model STAR seperti yang dilakukan oleh Nurani (2002), yang disebut dengan model GSTAR. Dalam penelitian ini, model VAR dengan implementasi PROC STATESPACE di SAS mempunyai kelemahan tidak mampu digunakan untuk data deret waktu multivariat yang musiman. Sehingga masih terbuka lebar untuk mengembangkan dan mengaplikasikannya pada permasalahan nyata. Hal ini didukung oleh fakta di lapangan terutama berkaitan dengan data produksi beberapa tanaman yang biasanya sangat dipengaruhi oleh adanya musim yang terjadi di suatu wilayah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. (1994). *Time series analysis: forecasting and control*, 2<sup>nd</sup> edition. San Fransisco: Holden-Day.
- Chatfield, C. (2001). *Time series forecasting*. London: Chapman & Hall.
- Epperson, B.K. (2000). Spatial and space time correlation in ecological models. *Ecological Modeling*, 132, 63-76
- Giacomini, R. and Granger, C.W.J. (2004). Aggregation of space-time processes. *Journal of Econometrics*, 118, 7-26
- Hernandez-Murillo, R. and Owyang, M.T. (2004). *The information content of regional employment data for forecasting aggregate conditions*. The Federal Reserve Bank of St. Lous Working Paper 2004-005B.
- Kamarianakis, Y. and Prastacos, P.P. (2005). Space-time modeling of Traffic flow. *Computers & Geosciences*, 31,119-133.
- Kyryakidis, P.C. and Journel, A.G. (1999). Geostatistical space-time model: A review, *Math. Geol.*, 31(6), 651-683.
- Lopuhaa H.P. and Borovkova S. (2005). *Asymptotic properties of least squares estimators in generalized STAR models*. Technical Report. Delft University of Technology.
- Nurani, B. (2000). *The space-time autoregressive order 1, star(1): case study on tea production*. Presented in Fifth Course on Mathematical Ecology and Introduction to Ecological Economics, The Abdus Salam International Center for Theoretical Physics, Trieste-Italy, 28 February – 24 March.
- Nurani, B. (2001). *Study on the weight matrix in the space-time autoregression model*. Proceeding of Tenth International Symposium on Applied Stochastic Models and Data Analysis, edited by Gerard Govarert, et.al., Universite de Technologie de Compiegne, France, 2/2, 789-794.
- Nurani, B. (2002). Pemodelan kurva produksi minyak bumi menggunakan model generalisasi S-TAR. *Jurnal Forum Statistika dan Komputasi*, IPB, Bogor.
- Pfeifer, P.E. and Deutsch, S.J. (1980a). A three stage iterative procedure for space-time modeling. *Technometrics*, 22(1), 35-47.
- Pfeifer, P.E. and Deutsch, S.J. (1980b). Identification and Interpretation of First Order Space-Time ARMA Models. *Technometrics*, 22(1), 397-408.
- Suhartono. (2003). *Penerapan dan perbandingan model state-space dengan model space-time star untuk peramalan data deret waktu dan lokasi*. Laporan Penelitian DIKS, LEMLIT: ITS, Surabaya.
- Suhartono and Subanar (2006). The optimal determination of space weight in gstar model by using cross-correlation inference. *Journal Of Quantitative Methods: Journal Devoted to The Mathematical and Statistical Application in Various Fields*, 2(2), 45-53.
- Suhartono and Subanar (2007). Some comments on the theorem providing stationarity condition for gstar models in the paper by Borovkova et al. *Journal of The Indonesian Mathematical Society (MIHMI)*, 13(1), 44-52.