

**PERAMALAN DERET WAKTU MULTIVARIAT *SEASONAL* PADA DATA PARIWISATA
DENGAN MODEL VAR-GSTAR**

**SEASONAL MULTIVARIAT TIME SERIES FORECASTING ON TOURISM DATA BY USING
VAR-GSTAR MODEL**

Dhoriva Urwatul Wutsqa¹, Suhartono²

¹Jurusan Matematika, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta

²Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pendekatan baru dengan model VAR-GSTAR (*Vector Autoregressive-General Space-Time Autoregressive*) untuk peramalan pada suatu data deret waktu multivariat yang mengandung pola *seasonal*. Proses estimasi parameter pada model ini dilakukan dengan metode *Least Squares*. Dalam penelitian ini dibahas sifat-sifat asimtotis dari estimator parameter model, yang menunjukkan sifat konsisten dan secara asimtotis berdistribusi multivariat normal. Dari sifat-sifat tersebut dikonstruksi prosedur untuk mendapatkan model terbaik pada time series *seasonal*, yang kemudian diterapkan pada data jumlah wisatawan mancanegara yang datang ke Yogyakarta dan Bali. Hasil yang diperoleh dari model VAR-GSTAR dibandingkan dengan hasil peramalan yang diperoleh dari model baku untuk time series multivariat VARMA. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa secara prosedural model VARMA mempunyai kelemahan, karena tidak dapat mengakomodasi lag-lag *seasonal* pada orde model. Hal ini dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan VAR-GSTAR. Interpretasi terhadap model VAR-GSTAR memberikan hasil yang lebih realistis, yaitu bahwa jumlah wisatawan mancanegara yang datang ke Yogyakarta dipengaruhi oleh jumlah wisatawan yang datang ke Bali, tetapi tidak sebaliknya, sedangkan dari model VARMA yang terjadi adalah sebaliknya. Ditinjau dari ketepatan ramalan, model VAR-GSTAR adalah model yang lebih baik untuk meramalkan data-data pariwisata di Yogyakarta dan Bali.

Kata kunci: model VAR-GSTAR, model VARMA, musiman, data pariwisata

ABSTRACT

This research intends to study the new approach VAR-GSTAR (*Vector Autoregressive-General Space-Time Autoregressive*) model for forecasting seasonal multivariate time series. The parameters of the model are estimated by Least Squares method. In this research, we also derive the asymptotic properties of the parameter estimator, which yield the consistency and multivariate normal asymptotes distribution. Based on those properties, we build the procedure for finding the best model in seasonal multivariate time series, and then apply it on the number of foreign tourists in Yogyakarta and Bali data. The result from VAR-GSTAR model is compared with the result from the standard multivariate time series. The comparison result demonstrates that the procedure of VARMA model can not carry out the seasonal lags on the order of the model. This problem can be handled by the VAR-GSTAR model. The interpretation of VAR-GSTAR model is more realistic than that of VARMA model, i.e. the number of foreign tourists in Yogyakarta depends on that in Bali, but not the opposite, whereas VARMA model yields the opposite result. Additionally, the result of forecast accuracy comparison on tourism data in Yogyakarta and Bali shows that VAR-GSTAR model give better forecast than VARMA model.

Key Word: VAR-GSTAR model, VARMA model, seasonal, tourism data

PENDAHULUAN

Data deret waktu dalam beberapa studi empirik seringkali terdiri dari pengamatan dari beberapa variabel, atau dikenal dengan data deret waktu multivariat. Sebagai contoh, dalam studi tentang suatu penjualan, variabel-variabel yang mungkin terlibat adalah volume penjualan, harga, dan biaya iklan. Untuk memodelkan masalah yang melibatkan data deret waktu multivariat ini digunakan model VARMA (*Vector Autoregressive Moving Average*), yang merupakan perluasan dari model ARMA. 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.

Suatu series $\mathbf{Z}_t = [\mathbf{Z}_{1,t}, \mathbf{Z}_{2,t}, \dots, \mathbf{Z}_{m,t}]'$, $t = 0, 1, 2, 3, \dots$ merupakan proses VARMA(p, q) jika \mathbf{Z}_t stasioner dan jika untuk setiap t ,

$$\Phi_p(B)\mathbf{Z}_t = \Theta_q(B)\mathbf{a}_t \quad (1)$$

dengan $\{\mathbf{a}_t\}$ adalah barisan vektor yang *white noise* dengan mean nol dan variansi konstan. $\Phi_p(B)$ 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).

Dalam analisis deret waktu biasa dijumpai data-data yang tidak stasioner. Model VARMA yang nonstasioner dapat dinyatakan dalam bentuk

$$\Phi_p(B)D(B)\mathbf{Z}_t = \Theta_q(B)\mathbf{a}_t \quad (2)$$

dengan operator *differencing*

$$D(B) = \text{diag}((1-B)^{d_1}, (1-B)^{d_2}, \dots, (1-B)^{d_m})$$

Secara umum prosedur untuk mendapatkan model terbaik pada proses multivariat (model VARMA) mengacu pada metode Box-Jenkins (1994). Kajian terapan pada data finansial telah dilakukan oleh Tsay (2005).

Suatu bentuk khusus dari model VARMA adalah model yang menggabungkan interdependensi waktu dan lokasi yang dikenal dengan model *space-time autoregressive* (STAR). Model ini diperkenalkan oleh Pfeifer, and Deutsch (1980a dan 1980b). Penerapan model ini telah dilakukan oleh Giacomini and Granger (2004) di bidang ekonomi, Kamarianakis and Prastacos (2005) pada masalah transportasi dan Kyryakidis and Journal (1999) pada data Geostatistik.

Model yang lebih fleksibel sebagai generalisasi dari model STAR adalah model *general space-time autoregressive* (GSTAR). Berbeda dengan model STAR, model GSTAR tidak mensyaratkan bahwa nilai-nilai parameter sama untuk semua lokasi. Oleh

karena itu model GSTAR lebih realistis, karena pada kenyatannya lebih banyak ditemui model dengan parameter model berbeda untuk lokasi yang berbeda. Kajian teoritis berkaitan dengan sifat asimtotis dari parameter model GSTAR dan penentuan bobot antar lokasi diberikan oleh Lopuhaa and Borovkova (2005) dan Suhartono dan Subanar (2006 dan 2007). Nurani (2002) menerapkan model GSTAR pada data produksi minyak bumi. Hasil perbandingan model VARMA dan GSTAR yang dilakukan oleh Suhartono (2005) menunjukkan bahwa peramalan dengan model GSTAR lebih akurat. Tetapi, pada proses pembentukan model dari segi teori maupun implementasi dengan paket program statistik diperoleh bahwa model VARMA lebih fleksibel dan sempurna.

Dari beberapa kajian yang telah dilakukan masih terbatas pada data deret waktu multivariat yang stasioner, tetapi belum melibatkan pola musiman atau *seasonal*. Beberapa contoh data deret waktu yang mempunyai pola *seasonal* diantaranya data pariwisata (banyak wisatawan), data hidrologi seperti curah hujan dan debit air, dan data penumpang pesawat. Untuk menangani data-data yang mengandung pola *seasonal* pada kasus deret waktu multivariat dalam penelitian ini dikembangkan suatu prosedur untuk mendapatkan model deret waktu multivariat dengan pola *seasonal*. Model yang dikaji dalam penelitian ini adalah model yang dibangun dengan pendekatan VAR-GSTAR (*Vector Autoregressive-General Space-Time Autoregressive*). Model VAR-GSTAR ini merupakan model VAR dengan skema respon prediktor yang direpresentasikan dalam skema pada model GSTAR.

Dalam penelitian ini juga dibahas kajian terapan terhadap model VAR-GSTAR untuk mendapatkan suatu model statistik yang tepat yang dapat menjelaskan keterkaitan antara banyak wisatawan mancanegara yang datang ke Yogyakarta dan Bali. Hal ini mengingat bahwa Bali dan Yogyakarta merupakan dua kota di Indonesia yang seringkali menjadi tujuan utama para wisatawan atau turis mancanegara, sehingga dimungkinkan ada keterkaitan antara banyak wisatawan mancanegara kedua kota tersebut. Model statistik yang sesuai untuk mengetahui hubungan antara kondisi pariwisata kedua kota tersebut adalah model *time series* multivariat. Karena data pariwisata khususnya jumlah wisatawan mancanegara yang datang ke Yogyakarta dan Bali cenderung mempunyai pola *seasonal*, maka data tersebut sangat tepat dijadikan sebagai studi kasus untuk aplikasi model *time series* multivariat yang mengandung pola *seasonal*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari dua macam kegiatan, yaitu kajian lanjut secara teoritis berkaitan dengan pembentukan model pada data deret waktu *seasonal* dan kajian terapan berupa penerapan model yang diperoleh untuk mendapatkan suatu model statistik yang tepat yang dapat menjelaskan keterkaitan antara jumlah wisatawan mancanegara yang datang ke Yogyakarta dan Bali. Penelitian ini menggunakan data sekunder yaitu data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara yang datang ke Yogyakarta dan Bali, yang dapat dianggap sebagai indikator baik tidaknya kondisi kepariwisataan di kedua kota tersebut. Data tersebut diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan Propinsi Bali (BPS 2006). Kota Yogyakarta dan Bali dipilih sebagai subyek penelitian, dikarenakan dua kota tersebut merupakan dua kota pariwisata terpenting di Indonesia serta dimungkinkan terjadi interdependensi antara jumlah wisatawan kedua kota tersebut.

Kajian teoritis berkaitan dengan model deret waktu multivariat VAR-GSTAR yang mencakup estimasi parameter model dan sifat asimtotis dari penduga parameter. Prosedur untuk mendapatkan model deret waktu multivariat yang mengandung pola *seasonal* dibentuk melalui pendekatan model VAR-GSTAR dengan bantuan paket program MINITAB, melalui tahapan-tahapan identifikasi, estimasi parameter, *diagnostic check*, sampai dengan perhitungan peramalan. Hal ini dilakukan karena program yang tersedia untuk model VARMA, yaitu PROC STATESPACE tidak dapat menangkap pola *seasonal*. Hasil yang diperoleh dari model VAR-GSTAR dibandingkan dengan hasil peramalan yang diperoleh dari model baku untuk time series multivariat .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada dua macam kajian utama yang telah dilakukan dalam penelitian ini. Kajian pertama adalah kajian teoritis tentang distribusi asimtotis dari estimator model VAR-GSTAR, dan pembentukan prosedur baru untuk pemodelan VAR-GSTAR pada data deret waktu multivariat yang *seasonal*. Kajian kedua adalah kajian empiris berkaitan dengan implementasi prosedur yang diperkenalkan pada suatu data real, yaitu data wisatawan mancanegara yang datang ke Yogyakarta dan Bali.

Pada bagian ini, dilakukan pula perbandingan ketepatan ramalan antara model VAR-GSTAR dengan model VARMA.

MODEL VAR-GSTAR UNTUK DATA DERET WAKTU MULTIVARIAT YANG MENGANDUNG POLA SEASONAL

Model VAR-GSTAR merupakan model VAR dengan representasi model GSSTAR. Model VAR(p) diberikan oleh rumus berikut,

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-1} + \dots + \Phi_p Z_{t-p} + a_t. \tag{3}$$

dengan Φ_i adalah matriks koefisien berukuran $m \times m$ dan dengan $\{a_t\} \sim IIDN(0, \Omega)$ Untuk membawa model tersebut dalam representasi model GSTAR diperlukan beberapa notasi berikut. Pertama-tama diasumsikan terdapat sejumlah n pengamatan. Bentuk vektor respon $Y = (Y'_1, Y'_2, \dots, Y'_m) Y = (Y'_1, Y'_2 \dots, Y'_m)'$, matriks $X = \text{diag}(X_1, X_2, \dots, X_m)$, vektor parameter $\beta = (\phi_1, \phi_2 \dots, \phi_m)'$ dan vektor residual (*error*) $a = (a'_1, a'_2, \dots, a'_m)'$, dengan $\phi = (\phi_{1,1}^{(i)}, \dots, \phi_{1,m}^{(i)}, \dots, \phi_{p,1}^{(i)}, \dots, \phi_{p,m}^{(i)})$,

$$Y_i = \begin{pmatrix} Z_{i,p+1} \\ Z_{i,p+2} \\ \vdots \\ Z_{i,n} \end{pmatrix}, X_i = \begin{pmatrix} Z_{1,p} & \dots & Z_{m,p} & \dots & Z_{1,1} & \dots & Z_{m,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{1,n-1} & \dots & Z_{m,n-1} & \dots & Z_{1,n-p} & \dots & Z_{m,n-p} \end{pmatrix}, \text{ dan } a_i = \begin{pmatrix} a_{i,p+1} \\ a_{i,p+2} \\ \vdots \\ a_{i,n} \end{pmatrix}.$$

Dengan demikian model VAR(p) dapat dinyatakan dalam bentuk model

$$Y = X\beta + a, \tag{4}$$

yang dalam penelitian ini disebut sebagai model VAR-GSTAR. Estimasi terhadap parameter model dilakukan dengan metode *Least Squares*, yaitu dengan meminimumkan fungsi

$$E = (Y - \hat{\beta}X)' (Y - \hat{\beta}X),$$

yang menghasilkan estimator untuk β adalah

$$\hat{\beta} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} (\mathbf{X}'\mathbf{Y}). \quad (5)$$

Khususnya untuk vektor parameter $\phi = (\phi_{1,1}^{(i)}, \dots, \phi_{1,m}^{(i)}, \dots, \phi_{p,1}^{(i)}, \dots, \phi_{p,m}^{(i)})$, $i=1, \dots, m$

$$\hat{\phi} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} (\mathbf{X}'\mathbf{Y}_i). \quad (6)$$

Estimator untuk Ω diberikan oleh

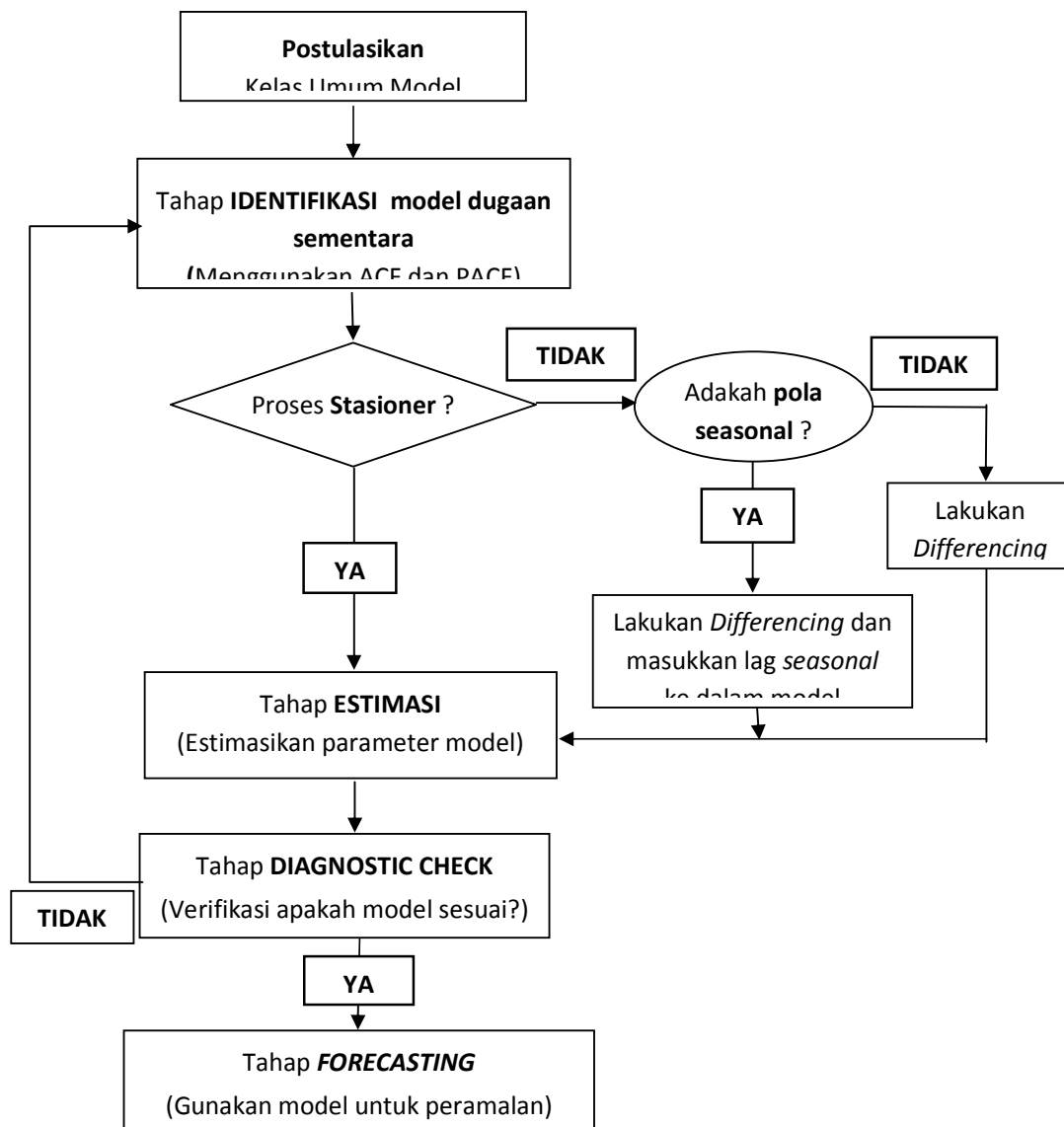
$$\hat{\Omega} = E[(\hat{\mathbf{a}} - E(\hat{\mathbf{a}}))'(\hat{\mathbf{a}} - E(\hat{\mathbf{a}}))] = E(\hat{\mathbf{a}}'\hat{\mathbf{a}}) = \frac{1}{n} \hat{\mathbf{a}}'\hat{\mathbf{a}}. \quad (7)$$

Sifat asimtotis penduga parameter untuk β (5) dan untuk Ω (7) diberikan oleh Proposisi 1. yang merupakan modifikasi Teorema dari Hamilton (1994). Bukti Proposisi 1. berikut secara lengkap disajikan oleh Dhoriva dan Suhartono (2007)

Proposisi 1. Misalkan $\{\mathbf{Z}_t\}$ adalah proses VAR(p) seperti pada persamaan (4), yang stasioner dengan $\{\mathbf{a}_t\}$ iid dengan mean $\mathbf{0}$ dan variansi Ω , $E(a_{it}a_{jt}a_{lt}a_{rt})$ untuk setiap i, j, l, r . Jika $\hat{\beta}_n$ dan $\hat{\Omega}_n$ menyatakan LSE dari parameter β_n dan Ω yang diperoleh pada (5) dan (7) dari sampel dengan n pengamatan, maka berlaku sifat-sifat berikut:

- $(1/n)\mathbf{X}'\mathbf{X} \xrightarrow{P} \mathbf{Q}$ dengan $\mathbf{Q} = E(\mathbf{X}'\mathbf{X})$;
- $\hat{\beta}_n \xrightarrow{P} \beta$;
- $\hat{\Omega}_n \xrightarrow{P} \Omega$;
- $\sqrt{n}(\hat{\beta}_n - \beta) \xrightarrow{d} N(\mathbf{0}, \Omega \otimes \mathbf{Q}^{-1})$, dengan \otimes menyatakan hasil kali Kronecker.

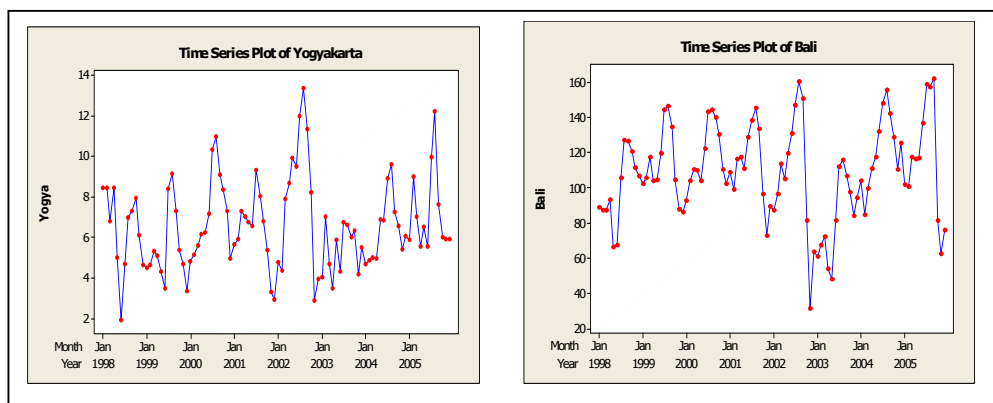
Model VAR-GSTAR yang mengandung pola seasonal mempunyai bentuk umum sama dengan model (4), dengan memasukkan lag *seasonal* kedalam input model sesuai representasi GSTAR. Secara umum prosedur untuk mendapatkan model terbaik pada proses multivariat mengacu pada metode Box-Jenkins, yang disajikan dalam Gambar 1. Karakteristik dari prosedur yang dibentuk terletak pada tahap estimasi parameter, yang dilakukan dengan menggunakan hasil (5) dan Proposisi 1. untuk uji signifikansi parameter. Untuk tahap-tahap yang lain menggunakan teori-teori yang biasa digunakan pada data deret waktu.



Gambar 1. Prosedur Pembentukan Model Deret waktu multivariat *Seasonal* dengan Pendekatan GSTAR

DESKRIPSI DATA PARIWISATA

Data dalam penelitian ini diperoleh dari BPS Yogyakarta dan Dinas Pariwisata Bali. Data tersebut merupakan data jumlah wisatawan mancanegara dari Yogyakarta dan Bali, yang merupakan data bulanan selama periode bulan Januari 1998 sampai dengan Desember 2005. Deskripsi dari data tersebut dengan menggunakan plot *deret waktu* dapat dilihat pada Gambar 2.



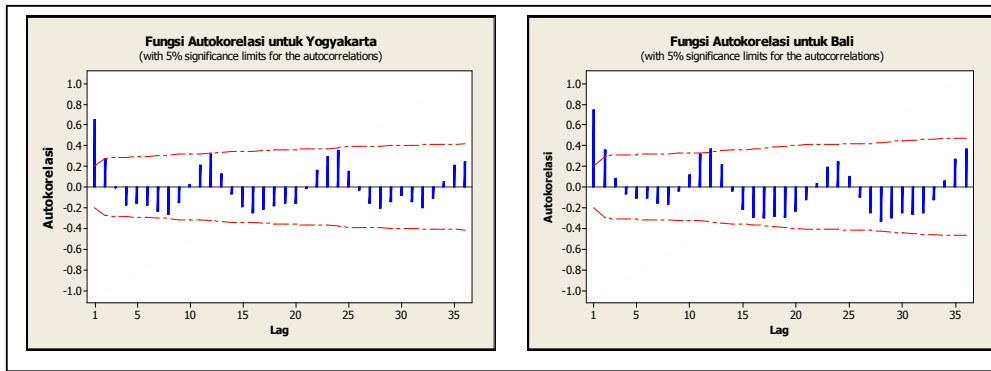
Gambar 2. Plot deret waktu data jumlah wisatawan mancanegara di Yogyakarta dan Bali

Plot di atas menunjukkan bahwa deret waktu tersebut tidak stasioner dan cenderung berpola *seasonal* dengan *peak* pada umumnya terjadi pada bulan Agustus (lag 8).

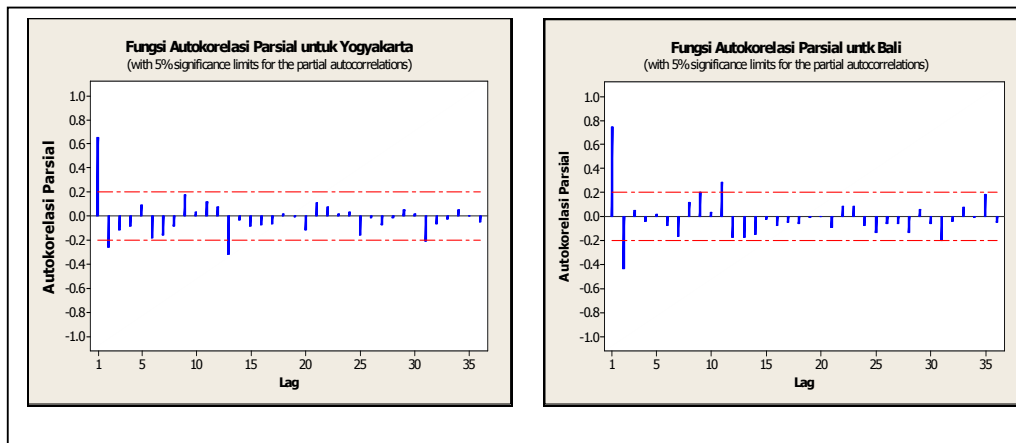
HASIL EMPIRIS PADA DATA PARIWISATA

Pertama-tama akan diberikan hasil perhitungan dengan program MINITAB dari model VAR-GSTAR. Tahap identifikasi pada proses pembentukan model VARMA seasonal dengan pendekatan GSTAR dilakukan melalui identifikasi plot *deret waktu*, ACF (*Autocorrelation Function*), PACF (*Partial Autocorrelation Function*). Plot ACF dan

PACF diberikan dalam Gambar 3 dan Gambar 4. Gambar-gambar tersebut menunjukkan adanya pola musiman, sehingga dilakukan proses *differencing* non seasonal 1 dan seasonal 12, dan ditentukan variabel prediktor non seasonal adalah lag 1 dan prediktor seasonal adalah lag 12.



Gambar 3. Fungsi Autokorelasi dari data jumlah wisatawan mancanegara di Yogyakarta dan Bali



Gambar 4. Fungsi Autokorelasi Parsial dari data jumlah wisatawan mancanegara di Yogyakarta dan Bali

Langkah selanjutnya adalah membentuk struktur data GSTAR sebagaimana disebutkan di atas. Dengan demikian struktur prediktor-respon adalah sebagai berikut

$$X = (X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5 \quad X_6 \quad X_7 \quad X_8)$$

$$= \begin{pmatrix} \underline{Z}_{1(t-1)} & \underline{Z}_{2(t-1)} & \underline{Z}_{1(t-12)} & \underline{Z}_{2(t-12)} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{Z}_{1(t-1)} & \underline{Z}_{2(t-1)} & \underline{Z}_{1(t-12)} & \underline{Z}_{2(t-12)} \end{pmatrix}$$

dan

$$Y = \begin{pmatrix} \underline{Z}_{1t} \\ \underline{Z}_{2t} \end{pmatrix} \tag{8}$$

Variabel \underline{Z}_{1t} dan \underline{Z}_{2t} berturut-turut mewakili data jumlah wisatawan mancanegara di Yogyakarta dan Bali yang telah distandarisasi dan diproses *differencing*. Berdasarkan struktur data (8) dilakukan estimasi dengan metode *least square* dengan skema backward. Proses perhitungan dikerjakan melalui paket program MINITAB 14. Tabel 1. adalah hasil akhir dari proses estimasi

Persamaan regresi yang dihasilkan dari Tabel 1. adalah

$$Y = -0.545 X3 + 0.312 X4 - 0.421 X8. \tag{9}$$

Tabel 1. Hasil estimasi model VAR-GSTAR *seasonal*

Prediktor	Koefisien	Variansi Koefisien	Statistik T	p-value
X3	-0.5454	0,1154	-4,73	0,000
X4	0.3121	0,1506	2,07	0,040
X8	-0.4206	0,1279	-3,29	0,001

Model (9) dikembalikan lagi dalam skema (8), sehingga didapatkan model terbaik untuk data jumlah wisatawan mancanegara di Yogyakarta dan Bali adalah

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{1t} &= -0,5454\underline{Z}_{1(t-12)} + 0,3121\underline{Z}_{2(t-12)} + \underline{e}_{1t} \\ \underline{Z}_{2t} &= -0,4206\underline{Z}_{2(t-12)} + \underline{e}_{2t} \end{aligned} \tag{10}$$

dengan \underline{Z}_{1t} dan \underline{Z}_{2t} adalah proses yang distasionerkan melalui *differencing* non-seasonal (1) dan *seasonal* (12).

Pada proses pembentukan model VARMA, tahap identifikasi meliputi identifikasi plot *deret waktu*, MACF (*Matrix Autocorrelation Function*), MPACF (*Matrix Partial Autocorrelation Function*), dan nilai AIC (*Akaike Information Criteria*) pada beberapa orde model. Berdasarkan plot *deret waktu* data tidak stasioner dan menunjukkan pola *seasonal*. Karena program yang tersedia tidak dapat memodelkan data *seasonal*, maka ketidakstasioner ditangani dengan proses deferensi.

Tabel 2. Representasi Skematik MACF dan MPACF

Schematic Representation of Correlations																									
Name/Lag	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
x	++														
y	++	-.														
+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between																									
Schematic Representation of Partial Autocorrelations																									
Name/Lag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
x
y	+	..	-.
+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between																									

Setelah data stasioner, 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 VARMA, khususnya pada nilai AIC yang terkecil, yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 3. Nilai AIC untuk menduga orde model VARMA

Information Criterion for Autoregressive Models								
Lag=0	Lag=1	Lag=2	Lag=3	Lag=4	Lag=5	Lag=6	Lag=7	Lag=8
544.995	542.4197	541.7168	539.988	547.3223	550.6172	557.8881	555.9872	560.4921
Lag=9	Lag=10	Lag=11	Lag=12	Lag=13	Lag=14	Lag=15	Lag=16	Lag=17
564.9351	567.9112	568.6726	560.6112	567.3264	574.5005	579.1108	583.1587	588.9909
Lag=18	Lag=19	Lag=20	Lag=21	Lag=22	Lag=23	Lag=24		
591.5239	596.4774	600.6596	607.7418	612.0017	618.7953	614.3147		

Dari bentuk MACF dan MPACF yang *cuts off* setelah lag 3, maka dapat diduga order autoregresif model sementara yang sesuai adalah tiga. Hasil ini dipertegas oleh nilai AIC yang terkecil pada lag 3, sehingga dapat disimpulkan pada tahap identifikasi diperoleh model sementara yang sesuai mempunyai order autoregresif tiga. Dari model sementara dilakukan proses restriksi terhadap variabel-variabel yang tidak signifikan. Model terbaik diperoleh dari hasil tahap terakhir setelah parameter-parameter yang tidak signifikan direstriksi atau dibuang. Hasil estimasi tahap akhir diberikan pada Tabel .4.

Tabel 4. Hasil estimasi parameter dan uji signifikansi parameter pada model VARMA terbaik

Parameter Estimates			
Parameter	Estimate	Standard Error	t Value
F(4,1)	-3.32448	1.035038	-3.21
F(4,2)	0.163061	0.102278	1.59
G(3,1)	3.180607	1.033354	3.08
G(3,2)	-0.30378	0.105081	-2.89

Berdasarkan hasil tersebut diperoleh model VARMA sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{Z}_{1,t+1} \\ \mathbf{Z}_{2,t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 3,18 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{Z}_{1,t} \\ \mathbf{Z}_{2,t} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -3,3 & 0,16 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{Z}_{1,t-1} \\ \mathbf{Z}_{2,t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -0,3\mathbf{e}_{2,t} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{e}_{1,t+1} \\ \mathbf{e}_{2,t+1} \end{pmatrix}, \quad (11)$$

dalam hal ini kedua series tersebut adalah series yang distasionerkan melalui *differencing non-seasonal* (1) dan *seasonal* (12).

Tabel 5. Prediksi jumlah wisatawan mancanegara 12 periode ke depan

Bulan	Prediksi VARMA		Prediksi VAR- GSTAR	
	Di Yogyakarta	Di Bali	Di Yogyakarta	Di Bali
1	5.797	46.980	4.555	66.356
2	8.971	41.688	6.535	57.326
3	7.040	59.335	5.762	73.392

4	5.644	56.955	4.774	77.593
5	6.629	56.007	6.106	80.386
6	5.744	75.308	5.775	97.937
7	10.182	96.508	9.047	117.635
8	12.478	94.434	10.216	120.085
9	7.926	98.595	7.325	117.156
10	6.382	16.819	4.525	64.528
11	6.311	-2.363	3.832	46.339
12	6.386	10.055	4.130	60.288

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. Hasil cek diagnostik telah dilakukan oleh Dhoriva dan Suhartono (2007), yang menunjukkan syarat white noise belum terpenuhi. Jadi model yang dihasilkan melalui program PROC STATESPACE belum optimal. Akhirnya, tahap peramalan dilakukan pada suatu model terbaik yang diperoleh dari tahap-tahap sebelumnya. Proses pembentukan model hingga peramalan secara lengkap disajikan dalam Dhoriva dan Suhartono (2007).

Hasil-hasil perbandingan ramalan 12 ke depan antara model VAR-GSTAR dan VARMA secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5. Dari Tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada model VARMA ditemukan satu periode yang nilai ramalannya bertanda negatif dan ini menunjukkan bahwa model tidak memberikan hasil ramalan yang baik. Sementara itu model VAR-GSTAR memberikan hasil yang lebih reliabel karena tidak ada nilai ramalan yang negatif dan secara konsisten menunjukkan jumlah wisatawan yang terbanyak adalah bulan 8 seperti pada tahun-tahun sebelumnya.

Interpretasi terhadap model VAR-GSTAR (10) memberikan hasil yang lebih rasional, yaitu bahwa jumlah wisatawan mancanegara yang datang ke Yogyakarta dipengaruhi oleh jumlah wisatawan yang datang ke Bali, tetapi tidak sebaliknya, sedangkan dari model VARMA (11) yang terjadi adalah sebaliknya. Hasil pertama lebih

realistis, karena secara real pada umumnya wisatawan datang ke Bali dulu baru ke Yogyakarta

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data pada bagian sebelumnya, dapat dibuat beberapa kesimpulan hasil penelitian, yaitu :

1. Model VARMA dengan PROC STATESPACE mempunyai kelemahan terutama pada data-data deret waktu multivariat yang *seasonal*, karena tidak dapat mengakomodasi lag-lag *seasonal* pada orde model. Hal ini dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan VAR-GSTAR.
2. Hasil perbandingan kesesuaian model dan ketepatan ramalan menunjukkan bahwa model VAR-GSTAR adalah model yang lebih baik untuk meramalkan data-data multivariat yang berpola *seasonal*.
3. Interpretasi dari model VAR-GSTAR lebih realistis dibandingkan dari model VARMA, yaitu bahwa jumlah wisatawan mancanegara yang datang ke Yogyakarta dipengaruhi oleh jumlah wisatawan mancanegara yang datang ke Bali, tetapi tidak sebaliknya.

Hasil dari penelitian juga memberikan peluang dilakukannya kajian lanjut berkaitan dengan pemodelan data deret waktu multivariat yang berpola *seasonal*, khususnya yang melibatkan model multiplikatif antar unsur yang *non-seasonal* dan *seasonal*. Sebagai tambahan, kajian berkaitan dengan estimasi parameter pada model VAR-GSTAR yang memberikan jaminan bahwa nilai error dari model adalah *white noise* secara multivariat dapat pula dilakukan, antara lain dengan penggunaan metode 2SLS (*Two Stage Least Squares*) ataupun SUR (*Seemingly Unrelated*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam melaksanakan kegiatan penelitian ini kami telah mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena penulis mengucapkan terima kasih kepada

Pimpinan Proyek Dosen Muda yang telah menyediakan dana penelitian ini, dan semua peserta seminar yang telah memberikan masukan berupa kritik dan saran untuk penyempurnaan penulisan hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Box, G.E.P., Jenkins, G.M., and Reinsel, G.C. (1994). *"Time Series Analysis"*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Dhoriva U.W. and Suhartono (2007). Model Varma (*Vector Autoregressive Moving Average*) untuk Pemodelan dan Peramalan Data Deret Waktu di Bidang Pariwisata. *Laporan Penelitian Dosen Muda*, UNY, Yogyakarta
- Hamilton, J.D. (1994). *Time Series Analysis*. New Jersey: Princeton University Press.
- Giacomini, R. and Granger, C.W.J. (2004). Aggregation of space-time processes. *Journal of Econometrics*, **118**, 7-26
- Kamarianakis, Y. and Prastacos, P.P. (2005). Space-time modeling of Traffic flow. *Computers and 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. (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*, Vol. **22**, No. 1, pp. 35-47.
- Pfeifer, P.E. and Deutsch, S.J. (1980b). Identification and Interpretation of First Order Space-Time ARMA Models. *Technometrics*, Vol. **22**, No. 1, pp. 397-408.
- Suhartono. (2005). Perbandingan antara model GSTAR dan VARIMA untuk peramalan data deret waktu dan lokasi. *Prosiding Seminar Nasional Statistika*, ITS, Surabaya.

Tsay, R.S.. 2005. Analysis of Financial Time Series. John Wiley & Sons. New Jersey.

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*, Vol. 2, No. 2, pp. 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)*, Vol. 13, No. 1, pp. 44-52.