

# ***Model Vector Autoregressive-Generalized Space Time Autoregressive***

Hilma Mutiara Winata<sup>1)</sup>, Entit Puspita<sup>2)</sup>, Fitriani Agustina<sup>3)</sup>

<sup>1), 2), 3)</sup>Departemen Pendidikan Matematika FPMIPA UPI

\*Surel: hilmamutiawinata@gmail.com

**ABSTRAK.** Data volume kendaraan yang masuk ke Kota Bandung melalui gerbang tol yang berada di Kota Bandung adalah data runtun waktu multivariate berpola musiman. Untuk memperoleh prediksi volume kendaraan yang masuk melalui gerbang tol dimasa yang akan datang dibutuhkan suatu model peramalan. Salah satu model runtun waktu multivariat yang menghubungkan keterkaitan antara waktu dan lokasi, dimana data runtun waktu tersebut berpola musiman adalah model *Vector Autoregressive-Generalized Space Time Autoregressive* (VAR-GSTAR). Model ini terdiri dari 2 orde yaitu orde waktu yang diperoleh dari model VAR dan orde spasial yang diperoleh dari model GSTAR. Keterkaitan antar ruang pada model ini ditunjukkan dengan pembobotan lokasi. Dalam penelitian ini digunakan bobot lokasi normalisasi korelasi silang. Hasil ramalan yang diperoleh dari model VAR-GSTAR pada data volume kendaraan yang masuk ke Kota Bandung melalui gerbang tol yang berada di Kota Bandung adalah mengikuti pola data yang sebelumnya, yaitu berfluktuasi dengan kecenderungan yang naik.

**Kata Kunci:** VAR-GSTAR, Bobot lokasi normalisasi korelasi silang, Peramalan.

**ABSTRACT.** Volume of vehicles coming into the city of Bandung through toll gates in the city of Bandung is the seasonal multivariate time series data. To obtain a prediction volume of vehicles that go through the toll booths in the future requires a forecasting model. One of model multivariate time series that connects between the time and the location, where the data of the time series data is seasonally namely *Vector Autoregressive-Generalized Space Time Autoregressive* (VAR-GSTAR) models. This model has two orders, the order of the time obtained from the VAR model and order the space obtained from GSTAR. connection between the space on this model is indicated by the weighting of the location. This research used a weight normalized cross correlation. Forecast results obtained from the VAR-GSTAR model on the data volume of vehicles coming into the city of Bandung through toll gates in the city of Bandung is to follow the pattern of previous data, which fluctuates with rising tendency.

**Keywords:** VAR-GSTAR, Weights location normalized cross correlation, Forecasting.

## 1. PENDAHULUAN

Volume kendaraan yang masuk ke Kota Bandung mengindikasikan adanya wisatawan yang masuk ke Kota Bandung. Banyaknya kendaraan yang masuk ke Kota Bandung dapat dimanfaatkan bagi pemerintahan daerah dalam pengelolaan sektor ekonomi maupun pelayanan masyarakat tetapi dapat juga memberikan dampak negatif seperti terjadinya kemacetan lalu lintas. Jika volume kendaraan yang masuk di setiap gerbang tol dapat diketahui lebih awal, maka hal ini dapat dimanfaatkan bagi pemerintahan daerah, jasa marga, kepolisian dan lain sebagainya dalam merencanakan suatu strategi dimasa yang akan datang sesuai dengan disiplin ilmunya. Oleh sebab itu dibutuhkan perkiraan mengenai volume kendaraan yang masuk ke Kota Bandung melalui gerbang tol di Kota Bandung. Teknik dan model peramalan yang tepat kiranya dapat menjawab harapan bagi pihak terkait dalam menyusun strategi.

Fenomena yang ada di 5 gerbang tol yang berada di Kota Bandung menunjukkan kepadatan yang tidak tetap. Dengan mempelajari data yang diambil dari PT. Jasa Marga sejak Januari 2011–September 2016 menunjukkan pola data musiman. Oleh sebab itu dibutuhkan model peramalan yang dapat digunakan pada data yang berpola musiman. Model *Vector Autoregressive-Generalized Space Time Autoregressive* (VAR-GSTAR) yang dikemukakan oleh Wutsqa dan Suhartono (2010) adalah model yang dikembangkan dari model GSTAR untuk mengatasi data yang mempunyai pola musiman.

Model VAR-GSTAR adalah model VAR yang direpresentasikan ke dalam model GSTAR. Model ini terdiri dari 2 orde yaitu orde waktu yang diperoleh dari model VAR dan orde runag yang diperoleh dari model GSTAR. Pada model VAR-GSTAR diasumsikan bahwa datanya stasioner dan sisaan yang bersifat *white noise*. Model VAR-GSTAR adalah model ruang dan waktu, dimana keterkaitan antar ruangnya ditunjukkan dengan pembobotan lokasi. Dalam penelitian ini digunakan bobot lokasi normalisasi korelasi silang.

## 2. METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan data volume kendaraan masuk melalui 5 gerbang tol yang berada di Kota Bandung. Data diperoleh dari PT. Jasa Marga (Persero) Tbk. cabang Purbaleunyi Bandung. Digunakan data untuk dilakukan pengolahan sejak bulan Januari 2011 sampai dengan bulan September 2016.

Prosedur untuk mendapatkan model VAR-GSTAR sehingga dapat dilakukan peramalan adalah dengan memeriksa stasioneritas data menggunakan uji Im Pesarana Shin (IPS), jika data tidak stasioner maka dilakukan differencing data. Selanjutnya mengidentifikasi model dengan menentukan orde waktu dari model VAR dengan memilih nilai Akaike's Information Criterion (AIC) terkecil dan untuk orde ruang dipilih  $(\lambda_g) = 1$ , karena menurut Ruchjana orde ruang yang lebih tinggi sulit untuk diinterpretasikan. Setelah menentukan orde waktu dan ruang kemudian menentukan bobot lokasi digunakan bobot normalisasi korelasi silang. Bobot normalisasi korelasi silang menggunakan hasil normalisasi korelasi silang antar lokasi pada lag waktu yang bersesuaian (Suhartono & Atok, 2006). Langkah selanjutnya adalah mengestimasi parameter dengan menggunakan metode kuadrat terkecil. Setelah itu diperoleh model VAR-GSTAR dengan bobot normalisasi korelasi silang. Kemudian dilakukan Uji Ljung & Box untuk menguji apakah model memiliki sisaan yang bersifat white noise dan melakukan verifikasi model berdasarkan root mean square error (RMSE).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Uji Stasioneritas Data

Dengan menggunakan Uji IPS dimana statistik ujinya adalah

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum t_i$$

dimana  $t_i$  adalah nilai t hitung yang diperoleh dari uji *augmented Dickey Fuller* (ADF) daerah ke-*i*. Diperoleh jika  $|\bar{t}| = 2.393433$ , dengann mengambil taraf nyata ( $\alpha = 0.05$ ) diperoleh nilai  $\bar{t}_{\frac{\alpha}{2}; 3} = 1.99$  dari tabel distribusi t, Karena  $|\bar{t}| = 2.393433 \geq 1.99 = |\bar{t}_{\frac{\alpha}{2}; 3}|$ , ini berarti data volume kendaraan masuk melalui gerbang tol di Kota Bandung merupakan data stasioner.

#### 3.2 Identifikasi model

Orde ruang yang ditentukan berdasar model VAR ditentukan dengan memilih nilai AIC terkecil. Menurut Tsay (2010) nilai AIC dapat ditentukan dengan menggunakan perumusan berikut:

$$A = l_i \left( \frac{J}{n} \right) + \frac{2K^2}{n}$$

dimana  $J$  adalah jumlah kuadrat sisaan,  $n$  banyak data, dan  $K$  adalah jumlah parameter pada model. Diperoleh nilai AIC untuk masing-masing lag, sebagai berikut:

Akaike Information Criterion (AIC)					
Lag 0	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4	Lag 5
111.0717	110.0693*	110.1983	110.2919	110.4067	110.3228

Berdasarkan Tabel Nilai Akaike Information Criterion (AIC) diperoleh informasi bahwa orde waktu model VAR-GSTAR pada data volume kendaraan masuk melalui gerbang tol di Kota Bandung adalah 1, karena lag 1 memiliki nilai AIC terkecil. Untuk orde ruang dipilih  $(\lambda_g) = 1$ , karena menurut orde ruang yang lebih tinggi sulit untuk diinterpretasikan.

### 3.3 Model VAR-GSTAR

Penentuan bobot lokasi dalam penelitian ini menggunakan bobot normalisasi korelasi silang. Pembobot normalisasi korelasi silang yang diperkenalkan oleh Suhartono dan Subanar (2006) dirumuskan sebagai berikut:

$$w_l(k) = \frac{r_l(k)}{\sum_{k=1}^p |r_{ll}(k)|}$$

dimana  $l \neq j$ ,  $k = 1, 2, \dots, p$ , dan taksiran dari korelasi silang pada data sampel dirumuskan sebagai berikut:

$$r_l(k) = \frac{\sum_{t=k+1}^n [z_l(t) - \bar{z}_l][z_j(t-k) - \bar{z}_j]}{\sqrt{(\sum_{t=1}^n [z_l(t) - \bar{z}_l]^2) (\sum_{t=1}^n [z_j(t) - \bar{z}_j]^2)}}$$

dengan  $z_l(t)$  merupakan data waktu ke- $t$  pada daerah  $l$ ,  $z_j(t)$  merupakan data waktu ke- $t$  pada daerah  $j$  dan  $k$  adalah lag waktu ke- $k$ . Untuk memenuhi ketentuan bahwa jumlah elemen dalam matriks korelasi harus bernilai satu, maka perlu dilakukan normalisasi.

Diperoleh matriks bobot lokasi normalisasi korelasi silang sebagai berikut:

$$W^1(1) = \begin{pmatrix} 0 & 0.255 & 0.264 & 0.242 & 0.240 \\ 0.231 & 0 & 0.255 & 0.261 & 0.253 \\ 0.231 & 0.231 & 0 & 0.260 & 0.278 \\ 0.229 & 0.237 & 0.269 & 0 & 0.266 \\ 0.225 & 0.241 & 0.277 & 0.257 & 0 \end{pmatrix}$$

Selanjutnya mengestimasi parameter dengan metode kuadrat terkecil, sehingga diperoleh estimator sebagai berikut:

Parameter	Nilai Estimasi
$\phi_1^1$	0.784
$\phi_1^2$	0.549
$\phi_1^3$	0.522
$\phi_1^4$	0.451
$\phi_1^5$	0.639
$\phi_1^1$	0.118
$\phi_1^2$	-0.06
$\phi_1^3$	-0.15
$\phi_1^4$	0.04
$\phi_1^5$	0.01

Bobot lokasi dan parameter yang sudah diperoleh disubstitusikan kedalam model sehingga diperoleh model VAR-GSTAR (1<sub>1</sub>) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{Z}_G(t) &= 0.784 Z_G(t-1) + 0.030 Z_G(t-1) + 0.031 Z_G(t-1) + \\ &\quad 0.029 Z_G(t-1) + 0.028 Z_G(t-1) + e_1(t) \\ \hat{Z}_G(t) &= 0.549 Z_G(t-1) - 0.014 Z_G(t-1) - 0.015 Z_G(t-1) - \\ &\quad 0.016 Z_G(t-1) - 0.015 Z_G(t-1) + e_2(t) \\ \hat{Z}_G(t) &= 0.522 Z_G(t-1) - 0.035 Z_G(t-1) - 0.035 Z_G(t-1) - \\ &\quad 0.039 Z_G(t-1) - 0.042 Z_G(t-1) + e_3(t) \\ \hat{Z}_G(t) &= 0.451 Z_G(t-1) + 0.009 Z_G(t-1) + 0.009 Z_G(t-1) + \\ &\quad 0.011 Z_G(t-1) + 0.011 Z_G(t-1) + e_4(t) \\ \hat{Z}_G(t) &= 0.639 Z_G(t-1) + 0.002 Z_G(t-1) + 0.002 Z_G(t-1) + \\ &\quad 0.003 Z_G(t-1) + 0.003 Z_G(t-1) + e_5(t) \end{aligned}$$

Dimana GP adalah Gerbang Tol Pasteur, GPK adalah Gerbang Tol Pasir Koja, GK adalah Gerbang Tol Kopo, GM adalah Gerbang Tol Moh. Toha dan GB adalah Gerbang Tol Buah Batu.

### 3.4 Uji White Noise

Uji *white noise* digunakan untuk mengetahui ada tidaknya korelasi nilai sisa antar lag. Menurut Montgomery (2015) pemeriksaan sisaan yang bersifat *white noise* dapat dilakukan dengan menggunakan Uji *Ljung and Box*. Statistik uji dari Uji *Ljung and Box* adalah sebagai berikut:

$$Q_L = n(n+2) \sum_{k=1}^n \left( \frac{1}{n-k} \right) \hat{\rho}_k^2$$

dengan n adalah banyaknya pengamatan, k adalah banyaknya lag dan  $\hat{\rho}_k^2$  adalah autokorelasi duga pada lag ke-k.

Diperoleh nilai  $Q_L = 337.4894$ . Dengan mengambil taraf signifikansi ( $\alpha = 0.05$ ) dan ukuran sampel 345. Dari tabel chi-square diperoleh nilai  $\chi_{0.9; 1}^2 = 0.004$ . Karena  $Q_L = 337.4894 > 0.004 = \chi_{1-\alpha; 1}^2$ , maka sisaan model VAR-GSTAR(1) pada data volume kendaraan masuk melalui gerbang tol di Kota Bandung bersifat *white noise*.

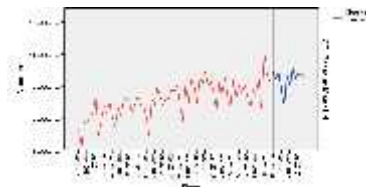
### 3.5 Verifikasi Model

Verifikasi model adalah tindakan untuk memastikan ukuran ketepatan model, setelah dinyatakan mempunyai sisaan yang bersifat *white noise*. Salah satu cara untuk menentukan model terbaik dapat dilakukan dengan menggunakan Root Mean Square Error (RMSE). Data volume kendaraan masuk melalui gerbang tol yang berada di Kota Bandung memiliki nilai RMSE sebesar 30278.464. Karena nilai RMSE bernilai puluhan ribu sedangkan data volume kendaraan masuk melalui gerbang tol yang berada di Kota Bandung mencapai ratusan ribu maka nilai RMSE dikatakan kecil dalam mempresentasikan data volume kendaraan masuk melalui gerbang tol yang berada di Kota Bandung, ini berarti model dapat digunakan untuk peramalan.

### 3.6 Peramalan

Diperoleh hasil ramalan sebagai berikut:

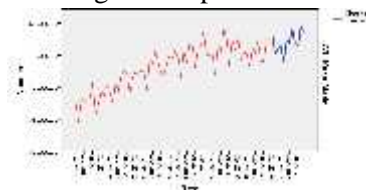
Gerbang Tol Pasteur



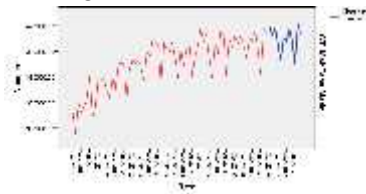
Gerbang Tol Pasir Koja



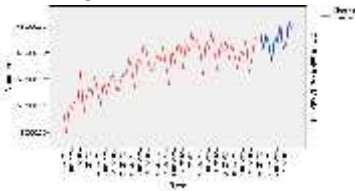
Gerbang Tol Kopo



#### Gerbang Tol Moh. Toha



#### Gerbang Tol Buah Batu



## 4. KESIMPULAN

Diperoleh model VAR-GSTAR ( $1_{\text{p}}$ ) dengan bobot normalisasi korelasi silang dimana memberikan hasil ramalan yang memiliki kecenderungan mengikuti pola data yang sebelumnya, yaitu berfluktuasi dengan kecenderungan yang naik. Dari informasi hasil ramalan ini, pihak terkait dapat menyusun strategi dimasa yang akan datang sesuai dengan disiplin ilmunya.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Montgomery, D. C., & all., a. (2015). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting* . New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Suhartono., & Atok, R. (2006). Pemilihan Bobot Lokasi yang Optimal pada Model GSTAR. *Presented at National Mathematics Conference XIII*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [3] Suhartono., & Subanar. (2006). The Optimal Determination of Space Weight in GSTAR Model by using Cross-correlation Inference. *Journal of Quantitative Method, Journal Devoted to the Mathematical and Statistical Application in Various Field*, 2 (2), 45-53.
- [4] Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Wutsqa, D. U., & Suhartono. (2010). Peramalan Deret Waktu Multivariat Seasonal pada Data Pariwisata dengan Model VAR-GSTAR. *Jurnal ILMU DASAR, Vol. 11 No. 1*, 101-109.