

PERAMALAN *OUTFLOW* UANG KARTAL DI BANK INDONESIA WILAYAH JAWA TENGAH DENGAN METODE *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE (GSTAR)*

Aukhal Maula Fina¹, Tarno², Rukun Santoso³

¹Mahasiswa Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staff Pengajar Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) model is a method that has interrelation between time and location or called with space time data. This model is generalization of Space Time Autoregressive (STAR) model where GSTAR more flexible for data with heterogeneous location characteristics. The purposes of this research are to get the best GSTAR model that will be used to forecast the outflow in the Bank Indonesia Office (BIO) Semarang, Solo, Purwokerto and Tegal. The best model obtained in this study is GSTAR (1₁) I(1) using the inverse distance weighting locations. This model has an average value of MAPE 35.732% and RMSE 440.52. The best model obtained explains that the outflow in BIO Semarang, Solo and Purwokerto are affected by two time lag before while for outflow in BIO Tegal is affected by two time lag before and outflows in three other BIO.

Keywords: GSTAR, Space Time, Outflow, Currency

1. PENDAHULUAN

Sebagai bank sentral, Bank Indonesia memiliki wewenang untuk mengeluarkan dan mengedarkan uang kartal yang terdiri dari uang kertas dan uang logam^[1]. Keberadaan uang kartal ini sangatlah penting bagi masyarakat, karena uang kartal inilah yang secara fungsi dipakai sebagai alat pembayaran yang sah menggantikan sistem barter, sebagai alat penyimpan nilai dan satuan penghitung. Ketiga fungsi uang ini tidak bisa dipisahkan satu dengan yang lain. Uang kartal inilah yang disirkulasi ke seluruh wilayah negara sesuai dengan kebutuhan ekonomi dari wilayah tersebut. Peramalan *outflow* menjadi penting karena berhubungan dengan ekonomi suatu daerah. Jika pada suatu daerah terjadi kekurangan uang maka dikhawatirkan perekonomian daerah tersebut akan kolaps. Sebaliknya jika jumlah uang di suatu daerah berlebih maka dikhawatirkan nilai uang tersebut akan berkurang dan terjadi inflasi^[2]. Banyaknya *outflow* yang akan dikeluarkan tergantung kebijakan yang telah diambil di masing-masing Kantor Bank Indonesia yang ada di setiap wilayah. Di Jawa Tengah memiliki 4 KBI yaitu KBI Semarang, KBI Solo, KBI Tegal, dan KBI Purwokerto. *Outflow* wilayah Jawa Tengah di empat KBI tersebut memungkinkan selain dipengaruhi oleh waktu sebelumnya juga mempunyai keterkaitan dengan lokasi lain yang disebut hubungan spasial.

Time series merupakan rangkaian pengamatan yang berurutan dalam waktu^[3]. Pada beberapa studi empirik, data *time series* seringkali memiliki kompleksitas tersendiri. Data tidak hanya dipengaruhi oleh waktu-waktu sebelumnya, tetapi juga mempunyai keterkaitan antara satu lokasi dengan lokasi lainnya. Data dengan keterkaitan deret waktu dan lokasi disebut dengan data *space-time*^[4]. Model *space-time* pertama kali dikenalkan oleh Pfeifer dan Deutsch pada tahun 1980. Model *Space-Time Autoregressive* (STAR) yang dikenalkan oleh Pfeifer dan Deutsch mempunyai kelemahan pada fleksibilitas parameter yang menjelaskan keterkaitan lokasi dan waktu yang berbeda pada data *space time*^[5].

Kelemahan ini diperbaiki oleh Borovkova, *et al.*, (2002) melalui model yang dikenal dengan model *Generalized Space-Time Autoregressive* (GSTAR). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh model GSTAR terbaik menggunakan empat bobot lokasi yang selanjutnya akan digunakan untuk peramalan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Time Series Multivariat

Data *time series* dengan banyak variabel seringkali disebut dengan *multivariate time series*. Sama halnya dengan *univariate time series*, prosedur untuk *multivariate time series* dimulai dari tahap identifikasi, estimasi parameter, cek diagnose dan peramalan. Stasioneritas data pada model *multivariate time series* juga dapat dilihat dari plot MACF (*Matrix Autocorrelation Function*) dan MPACF (*Matrix Partial Autocorrelation Function*). Plot MACF yang turun secara eksponensial (perlahan) mengindikasikan bahwa data belum stasioner dalam rata-rata sehingga perlu dilakukan *differencing* untuk menstasionerkan data. Demikian juga saat data tidak stasioner dalam varian perlu dilakukan transformasi agar memperoleh data yang stasioner^[6].

2.2 Model Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR)

Jika diketahui sebuah deret $\{Z(t): t = 0, +1, +2, \dots, +T\}$ merupakan sebuah deret waktu multivariat dari N variabel, maka model GSTAR dari orde *autoregressive* (waktu) dan orde spasial $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$, GSTAR ($p; \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$) dalam notasi matriks dapat ditulis sebagai berikut^[7]:

$$Z(t) = \sum_{s=1}^p \left[\Phi_{s0} + \sum_{k=1}^{\lambda_s} \Phi_{sk} W^{(k)} \right] Z(t-s) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

dengan :

$\Phi_{s0} = \text{diag}(\phi_{s0}^{(1)}, \dots, \phi_{s0}^{(N)})$ merupakan parameter autoregresi, $s=1,2,\dots,p$

$\Phi_{sk} = \text{diag}(\phi_{sk}^{(1)}, \dots, \phi_{sk}^{(N)})$ merupakan parameter spasial regresi, $k=1,2,\dots,\lambda_s$

$\varepsilon(t)$: vektor *noise* ukuran $(N \times 1)$ yang independen, identik, berdistribusi normal multivariat dengan mean nol dan matriks varians-kovarians $\sigma^2 I_N$.

Nilai pembobot $W^{(k)}$ dipilih sedemikian hingga, sampai memenuhi syarat $w_{ii}^{(k)} = 0$ dan $\sum_{i \neq j} w_{ij}^{(k)} = 1$ untuk $i = 1,2,\dots,N$.

2.3 Pemilihan Bobot Lokasi Model GSTAR

a. Bobot Seragam

Nilai dari bobot seragam dihitung dengan rumus^[8]:

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{n_i}, & i \neq j \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (2)$$

dengan n_i adalah jumlah lokasi yang berdekatan dengan lokasi i .

b. Bobot Biner

Pembobotan dengan metode biner memiliki pembobot dengan $w_{ij} = 0$ atau 1^[9].

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & i \neq j \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

c. Bobot Invers Jarak

Perhitungan bobot invers jarak adalah sebagai berikut:

1. Bobot bernilai 0 jika $i=j$
2. Beri kode urutan jarak dari dekat ke jauh dan sebaliknya dari paling jauh ke paling dekat.
3. Hitung $\sum_{i \neq j} w_{ij}$
4. Lokasi dengan jarak terjauh mendapat bobot $w_{ij} = \frac{(\text{jarak terdekat})_i}{\sum_{i \neq j} w_{ij}}$

d. Bobot Normalisasi Korelasi Silang

Taksiran dari korelasi silang pada sampel dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$r_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=k+1}^n [Z_i(t) - \bar{Z}_i] [Z_j(t-k) - \bar{Z}_j]}{\sqrt{(\sum_{t=1}^n [Z_i(t) - \bar{Z}_i]^2) (\sum_{t=1}^n [Z_j(t) - \bar{Z}_j]^2)}} \quad (4)$$

Bobot berdasarkan pada normalisasi korelasi silang antar lokasi pada lag waktu yang bersesuaian untuk model GSTAR dirumuskan sebagai berikut^[7]:

$$w_{ij} = \frac{r_{ij}(k)}{\sum_{j \neq i} |r_{ij}(k)|}$$

dengan $i \neq j$, dan bobot ini memenuhi $\sum_{i \neq j} |w_{ij}| = 1$.

Bobot lokasi ini memberikan fleksibilitas pada tanda dan ukuran pada hubungan antar lokasi.

2.4 Penaksiran Parameter Model GSTAR

Model GSTAR dapat direpresentasikan sebagai sebuah model linear dan parameter-parameter autoregresif model dapat diestimasi menggunakan metode kuadrat terkecil atau metode *least square*^[10].

2.5 Asumsi White Noise Residual

Tes multivariat Portmanteau merupakan generalisasi dari Ljung dan Box. Untuk kasus multivariat, dapat digunakan untuk menguji *white noise* dari vektor *error*.

Hipotesis^[11]:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_h = \mathbf{0}$ (residual *white noise*)

H_1 : minimal ada satu $\rho_i \neq \mathbf{0}$ dimana $i=1,2,\dots,h$ (residual tidak *white noise*)

Statistik uji:

$$Q_h = T \sum_{j=1}^h \text{tr}(\hat{\mathbf{C}}_j' \hat{\mathbf{C}}_0^{-1} \hat{\mathbf{C}}_j \hat{\mathbf{C}}_0^{-1}) \quad (6)$$

dimana $\hat{\mathbf{C}}_j = T^{-1} \sum_{t=j+1}^h \hat{\mathbf{u}}_t \hat{\mathbf{u}}_{t-j}'$ dan $\hat{\mathbf{u}}_t$ merupakan penduga residual.

T = ukuran sampel

h = banyak lag

$\text{tr}(A)$ = trace dari matriks A, dimana $A = \hat{\mathbf{C}}_j' \hat{\mathbf{C}}_0^{-1} \hat{\mathbf{C}}_j \hat{\mathbf{C}}_0^{-1}$

Kriteria uji:

Tolak H_0 jika $Q_h \geq \chi_{(N^2h, \alpha)}^2$ atau p-value $< \alpha$. Dimana N adalah banyaknya variabel.

2.6 Asumsi Normal Multivariat

Jika residual model GSTAR mengikuti distribusi normal N-variat maka kuadrat jarak d_i^2 mengikuti distribusi *chi square* dengan derajat bebas N (χ_N^2).

Hipotesis :

$H_0: d_i^2 \sim \chi_N^2$ (jarak mahalnobis mengikuti distribusi *chi square* dengan derajat bebas N, residual berdistribusi normal multivariat)

$H_1: d_i^2$ tidak berdistribusi χ_N^2 (jarak mahalnobis tidak mengikuti distribusi *chi square square* dengan derajat bebas N, residual tidak berdistribusi normal multivariat).

Statistik uji:

$$D = \sup |S(x) - F_0(x)| \quad (7)$$

dengan S(x) adalah fungsi peluang kumulatif yang dihitung dari data sampel dan $F_0(x)$ adalah fungsi distribusi data yang dihipotesiskan

Kriteria uji:

Tolak H_0 jika $D \geq D_{(1-\alpha),n}$ atau p-value $< \alpha$ dengan $D_{(1-\alpha)}$ adalah nilai dari tabel Kolmogorov-Smirnov dengan kuantil $(1-\alpha)$.

2.7 Pemilihan Model Terbaik

a. Akaike's Information Criterion (AIC)

Suatu model dikatakan baik apabila nilai AIC-nya paling kecil. Perhitungan nilai AIC adalah sebagai berikut^[11]:

$$AIC(p) = \log |\hat{\Sigma}_p| + \frac{2}{T} pN^2 \quad (8)$$

dimana $\hat{\Sigma}_p = T^{-1} \sum_{i=1}^T \hat{u}_t \hat{u}_t'$ adalah matriks penduga kovarian residual untuk model VAR(p), T merupakan ukuran sampel dan N merupakan banyak variabel.

b. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Formula MAPE dapat ditulis sebagai berikut^[12]:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^m \left| \left(\frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right) \times 100\% \right|}{m} \quad (9)$$

dengan m = banyak ramalan yang dilakukan, Z_t = data sebenarnya, \hat{Z}_t = data hasil ramalan.

Interpretasi dari hasil perhitungan MAPE adalah sebagai berikut:

MAPE < 10% model sangat bagus untuk dijadikan model peramalan,

10% ≤ MAPE < 20% model bagus untuk dijadikan model peramalan,

20% ≤ MAPE ≤ 50% model masih bisa untuk dijadikan model peramalan,

MAPE > 50% model tidak bisa dijadikan model peramalan.

c. Root Mean Square Error (RMSE)

Model peramalan dengan nilai RMSE lebih kecil merupakan model peramalan yang lebih akurat^[6].

Rumus berikut digunakan untuk menghitung nilai RMSE:

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (Z_t - \hat{Z}_t)^2} \quad (10)$$

2.8 Penyeteroran dan Penarikan Uang Rupiah oleh Bank Umum di Bank Indonesia

Penarikan Uang (*Outflow*) adalah kegiatan bank melakukan penarikan uang yang masih layak edar (ULE) dari Bank Indonesia.

Ketentuan *outflow* oleh Bank Indonesia diatur sebagai berikut:

1. Bank yang memiliki posisi *Short* hanya dapat melakukan Penarikan Uang ke Bank Indonesia setelah terlebih dahulu mengoptimalkan TUKAB dengan Bank yang memiliki Posisi *Long*, dan kondisi seluruh Bank di wilayah kerja kantor Bank Indonesia setempat mengalami posisi *Net Short*.
2. Bank Indonesia dapat menetapkan jumlah nominal dari masing-masing jenis pecahan Uang yang dapat ditarik oleh Bank, dengan memperhatikan Posisi *Long* Bank di dalam wilayah kerja kantor Bank Indonesia setempat dan persediaan jenis pecahan Uang yang ada di Bank Indonesia.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Sumber dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder, yaitu data *outflow* uang kartal di Jawa Tengah melalui KBI Semarang, KBI Solo, KBI Purwokerto dan KBI Tegal. Dalam penelitian ini menggunakan data *in sample* dan *out sample*. Untuk data *in sample* terdiri dari data bulanan *outflow* uang kartal di empat KBI bulan Januari 2010 hingga Maret 2015. Sedangkan untuk data *out sample* terdiri dari bulan April 2015 hingga Februari 2016. Data diperoleh dari Kantor Bank Indonesia Semarang.

Terdapat empat variabel yang digunakan dalam penelitian ini yang merupakan data *outflow* uang kartal Jawa Tengah, yaitu :

1. $Z_1(t) = \text{outflow}$ uang kartal di KBI Semarang
2. $Z_2(t) = \text{outflow}$ uang kartal di KBI Solo
3. $Z_3(t) = \text{outflow}$ uang kartal di KBI Purwokerto
4. $Z_4(t) = \text{outflow}$ uang kartal di KBI Tegal

3.2 Langkah-langkah Analisis Data

Data pada penelitian ini diolah dengan menggunakan *Software Microsoft Excel 2016*, *Minitab 14*, *SAS 9.1.3*, *Matlab 2010* dan *R 2.15.3*. Adapun tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan data *time series* dan lokasi yang akan digunakan dalam penelitian
2. Menentukan orde waktu dari model GSTAR yang sesuai berdasarkan hasil identifikasi pada model VAR dengan menggunakan MACF, MPACF, dan AIC minimum
3. Membentuk model GSTAR dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - a. Menetapkan nilai bobot lokasi, dengan empat bobot lokasi yang telah disebutkan sebelumnya antar lokasi pada lag waktu yang sesuai
 - b. Melakukan penaksiran parameter model GSTAR untuk masing-masing bobot lokasi
 - c. Menguji signifikansi parameter model GSTAR untuk masing-masing bobot lokasi
 - d. Menguji residual model GSTAR untuk masing-masing bobot lokasi
 - e. Menentukan model GSTAR terbaik berdasarkan nilai MAPE dan RMSE terkecil serta uji asumsi residual yang dihasilkan dari keempat model dengan bobot yang berbeda-beda
4. Melakukan peramalan data *time series* dan lokasi untuk beberapa periode ke depan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Model GSTAR

Data *outflow* uang kartal di 4 KBI Jawa Tengah telah stasioner dalam varian dengan melihat plot Box-Cox setelah dilakukan transformasi $\ln(x)$ dan telah stasioner dalam mean dengan melihat plot MACF setelah differencing 1.

Schematic Representation of Cross Correlations										
Variable/ Lag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y1	-.	-.
y2	. -
y3	. . - +
y4	. . . -	. . . - -

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

Berdasarkan plot MPACF diatas, terlihat bahwa lag yang keluar melebihi ± 2 kali standar error terdapat pada lag 1,2,5 dan 6.

Information Criterion for Autoregressive Models								
Lag=0	Lag=1	Lag=2	Lag=3	Lag=4	Lag=5	Lag=6	Lag=7	Lag=8
-212.16	-216.92	-200.90	-185.36	-168.57	-155.73	-134.55	-120.60	-120.89

Model VAR yang terbentuk dari identifikasi pada tahap ini adalah model VAR dengan orde $p=1$ karena memiliki nilai AIC terkecil yakni -216,92 yang terdapat pada AR=1.

Orde spasial yang digunakan adalah orde spasial 1 karena masing-masing lokasi dianggap saling bertetangga dalam satu provinsi yaitu empat KBI di Jawa Tengah. Sehingga pergeseran antar lokasi masih berada pada region yang sama. Sedangkan lag waktu yang digunakan adalah 1 yang ditentukan berdasarkan hasil identifikasi model VAR. Sehingga model GSTAR yang digunakan dalam data *outflow* uang kartal di KBI Semarang, KBI Solo, KBI Purwokerto dan KBI Tegal adalah GSTAR(1₁) I(1).

4.2 Penaksiran Parameter

Persamaan yang digunakan untuk bobot lokasi pada model GSTAR(1₁) I(1) adalah

$$Z(t) = \Phi_{10}Z(t-1) + \Phi_{11}WZ(t-1) + e(t)$$

$$\begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ Z_3(t) \\ Z_4(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi_{10}^1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{10}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{10}^3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Phi_{10}^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-1) \\ Z_2(t-1) \\ Z_3(t-1) \\ Z_4(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Phi_{11}^1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{11}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{11}^3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Phi_{11}^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & w_{13} & w_{14} \\ w_{21} & 0 & w_{23} & w_{24} \\ w_{31} & w_{32} & 0 & w_{34} \\ w_{41} & w_{42} & w_{43} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-1) \\ Z_2(t-1) \\ Z_3(t-1) \\ Z_4(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \\ e_4(t) \end{bmatrix}$$

4.2.1 Pemodelan GSTAR dengan Bobot Seragam

Matriks bobot seragam yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$w_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0 & 0,33 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,33 & 0 \end{bmatrix}$$

Parameter	Nilai Taksiran	t-hitung	P-value
Φ_{10}^1	-0,46	-3,10	0,002*
Φ_{10}^2	-0,57	-5,74	0,000*
Φ_{10}^3	-0,48	-3,33	0,001*
Φ_{11}^4	-0,58	-4,28	0,000*

* Signifikan pada $\alpha = 1\%$

Model *outflow* uang kartal untuk masing-masing KBI di Jawa Tengah sebagai berikut:

- i. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Semarang

- $Z_1(t) = Z_1(t-1) - 0,46(Z_1(t-1) - Z_1(t-2)) + e_1(t)$
- ii. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Solo
 $Z_2(t) = Z_2(t-1) - 0,57(Z_2(t-1) - Z_2(t-2)) + e_2(t)$
- iii. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Purwokerto
 $Z_3(t) = Z_3(t-1) - 0,48(Z_3(t-1) - Z_3(t-2)) + e_3(t)$
- iv. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Tegal
 $Z_4(t) = Z_4(t-1) - 0,19(Z_1(t-1) - Z_1(t-2)) - 0,19(Z_2(t-1) - Z_2(t-2)) - 0,19(Z_3(t-1) - Z_3(t-2)) + e_4(t)$

4.2.2 Pemodelan GSTAR dengan Bobot Biner

Matriks bobot menggunakan bobot biner ini adalah sebagai berikut:

$$w_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Parameter	Nilai Taksiran	t-hitung	P-value
Φ_{10}^1	-0,46	-3,10	0,002*
Φ_{10}^2	-0,57	-5,74	0,000*
Φ_{10}^3	-0,48	-3,33	0,001*
Φ_{11}^4	-0,192	-4,28	0,000*

* Signifikan pada $\alpha = 1\%$

Model *outflow* uang kartal untuk masing-masing KBI di Jawa Tengah sebagai berikut:

- i. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Semarang
 $Z_1(t) = Z_1(t-1) - 0,46(Z_1(t-1) - Z_1(t-2)) + e_1(t)$
- ii. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Solo
 $Z_2(t) = Z_2(t-1) - 0,57(Z_2(t-1) - Z_2(t-2)) + e_2(t)$
- iii. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Purwokerto
 $Z_3(t) = Z_3(t-1) - 0,48(Z_3(t-1) - Z_3(t-2)) + e_3(t)$
- iv. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Tegal
 $Z_4(t) = Z_4(t-1) - 0,192(Z_1(t-1) - Z_1(t-2)) - 0,192(Z_2(t-1) - Z_2(t-2)) - 0,192(Z_3(t-1) - Z_3(t-2)) + e_4(t)$

4.2.3 Pemodelan GSTAR dengan Bobot Invers Jarak

Matriks pembobot dengan metode invers jarak adalah sebagai berikut:

$$w_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0,428 & 0,233 & 0,340 \\ 0,431 & 0 & 0,383 & 0,186 \\ 0,380 & 0,194 & 0 & 0,426 \\ 0,310 & 0,199 & 0,492 & 0 \end{bmatrix}$$

Parameter	Nilai Taksiran	t-hitung	P-value
Φ_{10}^1	-0,46	-3,10	0,002*
Φ_{10}^2	-0,57	-5,72	0,000*
Φ_{10}^3	-0,48	-3,33	0,001*
Φ_{11}^4	-0,59	-4,15	0,000*

* Signifikan pada $\alpha = 1\%$

Model *outflow* uang kartal untuk masing-masing KBI di Jawa Tengah sebagai berikut:

- i. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Semarang

$$Z_1(t) = Z_1(t-1) - 0,46(Z_1(t-1) - Z_1(t-2)) + e_1(t)$$
- ii. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Solo

$$Z_2(t) = Z_2(t-1) - 0,571(Z_2(t-1) - Z_2(t-2)) + e_2(t)$$
- iii. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Purwokerto

$$Z_3(t) = Z_3(t-1) - 0,48(Z_3(t-1) - Z_3(t-2)) + e_3(t)$$
- iv. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Tegal

$$Z_4(t) = Z_4(t-1) - 0,183(Z_1(t-1) - Z_1(t-2)) - 0,117(Z_2(t-1) - Z_2(t-2)) - 0,290(Z_3(t-1) - Z_3(t-2)) + e_4(t)$$

4.2.4 Pemodelan GSTAR dengan Bobot Normalisasi Korelasi Silang

Matriks bobot normalisasi korelasi silang yang terbentuk adalah sebagai berikut

$$w_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & -0,39 & -0,36 & -0,25 \\ -0,38 & 0 & -0,33 & -0,30 \\ -0,37 & -0,37 & 0 & -0,26 \\ -0,38 & -0,33 & -0,29 & 0 \end{bmatrix}$$

Parameter	Nilai Taksiran	t-hitung	P-value
Φ_{10}^1	-0,46	-3,11	0,002*
Φ_{10}^2	-0,571	-5,74	0,000*
Φ_{10}^3	-0,48	-3,34	0,001*
Φ_{11}^4	0,58	4,33	0,000*

* Signifikan pada $\alpha = 1\%$

Model *outflow* uang kartal untuk masing-masing KBI di Jawa Tengah sebagai berikut:

- i. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Semarang

$$Z_1(t) = Z_1(t-1) - 0,46(Z_1(t-1) - Z_1(t-2)) + e_1(t)$$
- ii. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Solo

$$Z_2(t) = Z_2(t-1) - 0,571(Z_2(t-1) - Z_2(t-2)) + e_2(t)$$
- iii. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Purwokerto

$$Z_3(t) = Z_3(t-1) - 0,48(Z_3(t-1) - Z_3(t-2)) + e_3(t)$$
- iv. Persamaan model GSTAR untuk *outflow* uang kartal KBI Tegal

$$Z_4(t) = Z_4(t-1) - 0,220(Z_1(t-1) - Z_1(t-2)) - 0,193(Z_2(t-1) - Z_2(t-2)) - 0,117(Z_3(t-1) - Z_3(t-2)) + e_4(t)$$

4.3 Pemilihan Model Terbaik

Indikator	Seragam	Biner	Invers Jarak	Normalisasi Korelasi Silang
White Noise	Residual <i>white noise</i>	Residual <i>white noise</i>	Residual <i>white noise</i>	Residual <i>white noise</i>
Normal Multivariat	Residual tidak normal multivariat			
Rata-rata MAPE	36,050%	36,046%	35,732%	36,067%
Rata-rata RMSE	442,48	442,48	440,52	442,63

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat untuk keempat bobot lokasi didapatkan model terbaik yang memenuhi asumsi *white noise*, memiliki rata-rata nilai MAPE dan rata-rata nilai RMSE terkecil adalah bobot lokasi invers jarak dengan rata-rata nilai MAPE sebesar 35,732% dan rata-rata nilai RMSE sebesar 440,52.

4.4 Peramalan menggunakan Model GSTAR Terbaik

Tahun	Bulan	Semarang	Solo	Purwokerto	Tegal
2015	April	1168,75	464,14	361,68	301,08
	Mei	1194,47	478,80	432,84	326,91
	Juni	1315,60	566,41	497,17	469,57
	Juli	1497,40	669,71	610,27	386,98
	Agustus	2323,95	1058,38	1062,82	943,73
	September	1720,43	1095,27	1232,23	829,56
	Oktober	1106,17	1014,07	825,32	696,39
	November	1107,91	822,99	481,58	457,43
	Desember	1084,37	548,59	417,67	304,59
2016	Januari	1170,82	780,75	431,89	592,20
	Februari	1160,90	889,72	516,52	694,03

Dapat dilihat pada table diatas hasil ramalan tertinggi untuk keempat KBI terjadi pada bulan Agustus 2015 yang dipengaruhi oleh bulan Juni 2015 dan Juli 2015, hal ini disebabkan karena pada bulan Juli 2015 terdapat Hari Raya Idul Fitri, pada kenyataannya setiap Hari Raya Idul Fitri semua Kantor Bank Indonesia yang terdapat di daerah meningkatkan jumlah uang kartal yang akan didistribusikan ke masyarakat di seluruh wilayah yang ada di Indonesia. Hal ini juga yang mempengaruhi ketepatan ramalan kurang bagus.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah di jelaskan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa model terbaik yang didapatkan untuk keempat KBI di Jawa Tengah pada penelitian ini adalah model GSTAR(1₁) I(1) menggunakan bobot lokasi invers jarak. Model menggunakan bobot invers jarak ini terbaik karena memenuhi asumsi *white noise* dengan rata-rata nilai MAPE sebesar 35,732% dan nilai rata-rata RMSE sebesar 440,52. Tetapi model ini kurang bagus untuk peramalan karena nilai MAPE yang cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Solikin dan Suseno. 2002. *Uang: Pengertian, Penciptaan, dan Peranannya dalam Perekonomian*. Jakarta: Bank Indonesia.
- [2] Gerai Info. 2011. *Pengedaran Uang: “Yang Penting Pas Agar Ekonomi Nggak Kolaps”*. Edisi XVI Tahun 2. Jakarta: Bank Indonesia.
- [3] Box, G.E.P., Jenkins, G.M. dan Reinsel G.C. 1994. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Third Edition. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

- [4] Ardianto, M.P. 2014. Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) pada Tiga Periode Waktu (Studi Kasus Inflasi di Lima Kota Besar di Pulau Jawa). *Jurnal Mahasiswa Statistik*. Vol.2 No.4: pp 265-268.
- [5] Prisandy, D.E. dan Suhartono. 2008. Penerapan Metode GSTAR (P1) untuk Meramalkan Data Penjualan Rokok di Tiga Lokasi. *Widya Teknik*. Vol. 7 No.2: pp 199-210.
- [6] Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. Second Edition. USA: Pearson Education, Inc.
- [7] Wutsqa, D.U., Suhartono, dan Sutijo B. 2010. Generalized Space-Time Autoregressive Modelling. *Proceedings of the 6th IMT-GT Conference on Mathematics, Statistics and its Application*. Kuala Lumpur: Universiti Tuanku Abdul Rahman.
- [8] Susanti, D. dan Siswono. 2013. *Aplikasi Model GSTAR pada Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Empat Lokasi Wisata di Batu*. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- [9] Mubarak, Reza. 2015. *Model Generalized Space-Time Autoregressive with Exogenous Variables untuk Peramalan Arus Uang di Bank Indonesia Wilayah Jawa Timur*. Tesis. Tidak Dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [10] Ruchjana, B.N., Borovkova, S.A., dan Lopuhaä H.P. 2012. Least Squares Estimation of Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) Model and Its Properties. *The 5th International Conference on Research and Education in Mathematics AIP Conf. Proc.*, 1450:pp 61-64
- [11] Lütkepohl, H. 2007. Econometrics Analysis with Vector Autoregressive Models. *EUI Working Papers ECO*. 1725-6704.
- [12] Chen, R.J.C., Bloomfield, P., dan Cabbage, F.W. 2007. *Comparing Forecasting Models in Tourism*. *Journal of Hospitality & Tourism Research* 2007. DOI: 10.1177/ 1096348007309566