PERAMALAN INDEKS HARGA KONSUMEN DI JAWA TENGAH MENGGUNAKAN TIGA FUNGSI PEMBOBOT PADA MODEL *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE* (GSTAR)

JURNAL ILMIAH

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika

Oleh

Rinda Erzitha

B2A20003

PROGRAM STUDI STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG

2021

PERAMALAN INDEKS HARGA KONSUMEN DI JAWA TENGAH MENGGUNAKAN TIGA FUNGSI PEMBOBOT PADA MODEL *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE* (GSTAR)

Rinda Erzitha[1], Tiani Wahyu Utami[2], Indah Manfaati Nur[3]

[123]Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang

Alamat e-mail **: erzitharinda01@gmail.com**

ABSTRAK

Permasalahan ekonomi yang sering muncul di Indonesia adalah inflasi. Indeks Harga Konsumen (IHK) merupakan salah satu komponen pembentuk inflasi. Sejak Januari 2020, IHK di Indonesia dihitung berdasarkan hasil Survei Biaya Hidup (SBH) 2018. Dari 90 kota SBH 2018, enam diantaranya adalah kota-kota IHK di Jawa Tengah, yaitu Cilacap, Purwokerto, Kudus, Surakarta, Semarang, dan Tegal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan model GSTAR terbaik dalam meramalkan IHK 6 Kota SBH di Jawa Tengah. Data yang digunakan adalah data bulanan Indeks Harga Konsumen dari tahun 2014-2021 pada 6 Kota SBH di Jawa Tengah. Berdasarkan analisis GSTAR, pada penelitian ini dilakukan uji coba pada ketiga fungsi pembobot dalam menentukan fungsi bobot mana yang akan menghasilkan model peramalan terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model GSTAR (2_2) dengan bobot lokasi korelasi silang memiliki nilai RMSE lebih kecil dibandingkan dengan bobot seragam dan bobot invers jarak yaitu sebesar 3.97872, sehingga model peramalan terbaik data IHK 6 kota SBH di Jawa Tengah yaitu model GSTAR (2_2) dengan bobot korelasi silang.

Kata Kunci: Inflasi, IHK, GSTAR, Fungsi Pembobot, Peramalan

ABSTRACT

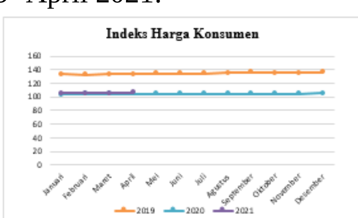
An economic problem that often arises in Indonesia is inflation. The Consumer Price Index (CPI) is one of the components forming inflation. Since January 2020, CPI in Indonesia is calculated based on the results of the Cost of Living Survey (SBH) 2018. Of the 90 cities of SBH 2018, six of them are CPI cities in Central Java, namely Cilacap, Purwokerto, Kudus, Surakarta, Semarang, and Tegal. The purpose of this research is to get the best GSTAR model in forecasting CPI 6 SBH Cities in Central Java. The data used is monthly data of consumer price index from 2014-2021 in 6 cities of SBH in Central Java. Based on GSTAR's analysis, the study conducted trials on all three weighting functions in determining which weight function would produce the best forecasting model. The results showed that the GSTAR model (2_2) *with cross-correlation location weights had a smaller RMSE value compared to* *the uniform weight and distance inverse weight of 3.97872, making the best forecasting model of CPI data of 6 SBH cities in Central Java, namely the GSTAR model* (2_2) *with cross correlation weight.*

Keyword: Inflation, CPI, GSTAR, Weighting Function, Forecasting

PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi merupakan indikator penting yang perlu diperhatikan dalam suatu negara, baik itu negara maju ataupun negara berkembang. Sebagaimana yang disampaikan Sukirno (2011), bahwa dengan mengamati tingkat pertumbuhan ekonomi yang tercapai dari tahun ke tahun dapatlah dinilai prestasi dan kesuksesan negara tersebut dalam mengendalikan kegiatan ekonominya dalam jangka pendek dan usaha mengembangkan perekonomiannya dalam jangka panjang.

Indeks Harga Konsumen (IHK) merupakan salah satu komponen pembentuk inflasi. Sejak Januari 2020, IHK di Indonesia dihitung berdasarkan hasil Survei Biaya Hidup (SBH) 2018. Dari 90 kota SBH 2018, enam diantaranya adalah kota-kota IHK di Jawa Tengah. Oleh karena itu, IHK Provinsi Jawa Tengah dihitung berdasarkan agregasi 6 kota tersebut, yaitu Cilacap, Purwokerto, Kudus, Surakarta, Semarang, dan Tegal. Berikut data IHK Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2019- April 2021:



Gambar 1. Diagram Data IHK Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019 - April 2021

Gambar 1 memperlihatkan bahwa data IHK Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2019 dan 2020 terjadi peningkatan setiap bulannya. Peningkatan terjadi dalam 1 tahunnya dan terjadi pada pergantian tahun selanjutnya. Dari itu, untuk dapat mengetahui data IHK Provinsi Jawa Tengah diwaktu yang akan datang perlu dilakukan prakiraan berdasarkan keterkaitan waktu pada data runtun waktu tersebut. Salah satu ilmu statistik yang dapat digunakan untuk memperkirakan masalah ini adalah analisis deret waktu (*time series*).

Analisis Deret Waktu (*time series*) adalah rangkaian data yang berupa pengamatan yang diukur selama kurun waktu tertentu. Selain dipengaruhi oleh waktu sebelumnya, dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai data yang mempunyai keterkaitan waktu dan lokasi. Salah satu model yang digunakan dalam mengatasi data deret waktu dan lokasi adalah model *Space Time Autoregressive* (STAR). Model STAR mempunyai kelemahan pada fleksibilitas parameter yang mengasumsikan bahwa lokasi-lokasi yang diteliti memiliki karakteristik seragam (homogen), sehingga jika dihadapkan pada lokasi-lokasi yang memiliki karakteristik yang heterogen model tersebut kurang baik untuk digunakan (Rani dkk, 2013). Kelemahan tersebut diperbaiki oleh Borovkova, Lopuhaa dan Ruchjana (2008) dengan suatu model yang dikenal dengan *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR).

Generalized Space Time Autoregressie (GSTAR) merupakan pengembangan dari model *Space Time Autoregressive* (STAR) (Mansoer, Tarno, & Wilandari, 2016). Dimana GSTAR menghasilkan model *space time* dengan parameter-parameter yang tidak harus sama atau bersifat heterogen pada keterkaitan waktu dan lokasi (Wutsqa dkk, 2010). Perbedaan antar lokasi dapat ditunjukkan dalam bentuk matriks pembobot. Bobot lokasi pada GSTAR secara umum dibagi menjadi tiga, yaitu bobot lokasi seragam (*uniform*), invers jarak dan normalisasi korelasi silang.

Penelitian ini menggunakan analisis GSTAR untuk mendapatkan model GSTAR terbaik dan hasil peramalan untuk data Indeks Harga Konsumen (IHK) di Jawa Tengah yang dihasilkan dari 6 Kota SBH, yaitu Cilacap, Purwokerto, Kudus, Surakarta, Semarang, dan Tegal. Dari ke 6 Kota tersebut dilakukan peramalan IHK Jawa Tengah, yang diharapkan hasil ramalan dapat menjadi pedoman bagi masyarakat guna mengetahui harga barang dan jasa dipasaran dimasa yang akan datang. Untuk mendapatkan hasil ramalan dengan model terbaik, pada penelitian ini dilakukan menggunakan 3 bobot lokasi.

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan diatas, maka dilakukan penelitian yang berjudul "Pemodelan *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) Pada Peramalan Indeks Harga Konsumen 6 Kota SBH di Jawa Tengah Menggunakan Tiga Fungsi Pembobot".

TINJAUAN PUSTAKA

1. Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR)

Model GSTAR merupakan pengembangan dari model STAR. Menurut Mansoer, Tarno, & Wilandari (2006) model GSTAR merupakan salah satu pendekatan utama yang digunakan untuk menyelesaikan data deret waktu dan lokasi dengan cara menggabungkan faktor waktu dan lokasi pada data *multivariate time series*.

Model GSTAR dengan orde $(\boldsymbol{p})$ dan orde spasial $\boldsymbol{\lambda_1}, \boldsymbol{\lambda_2}, \dots, \boldsymbol{\lambda_p}$ maka dapat ditulis dengan model GSTAR $(\boldsymbol{p}; \boldsymbol{\lambda_1}, \boldsymbol{\lambda_2}, \dots, \boldsymbol{\lambda_p})$ yang dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut (Borovkova, & dkk, 2008):

$$\boldsymbol{Z}(\boldsymbol{t}) = \sum_{s=1}^{p} \left[\boldsymbol{\Phi}_{s0} \boldsymbol{Z}(\boldsymbol{t}-\boldsymbol{s}) + \sum_{k=1}^{\lambda s} \boldsymbol{\Phi}_{sk} \boldsymbol{W}^{(k)} \boldsymbol{Z}(\boldsymbol{t}-\boldsymbol{s}) + \boldsymbol{e}(\boldsymbol{t}) \right]$$

Dimana

$\boldsymbol{p}$: Orde waktu *autoregressive*

$\boldsymbol{\lambda s}$: Orde spasial dari *autoregressive* ke- $\boldsymbol{s}$, dimana $\boldsymbol{s} = \boldsymbol{1}, \boldsymbol{2}, \dots, \boldsymbol{p}$

$\boldsymbol{\Phi}_{s0}$: Parameter autoregressive pada *lag* waktu $\boldsymbol{s}$ dan *lag* spasial 0, dimana $\boldsymbol{s} = \boldsymbol{1}, \boldsymbol{2}, \dots, \boldsymbol{p}$

$\boldsymbol{\Phi}_{sk}$: Parameter spasial regresi dimana $\boldsymbol{k} = \boldsymbol{1}, \boldsymbol{2}, \dots, \boldsymbol{\lambda s}$

$\boldsymbol{W}^{(k)}$: Matriks $\boldsymbol{N} \times \boldsymbol{N}$ dengan nilai pembobot

$\boldsymbol{e}(\boldsymbol{t})$: Ukuran vektor *white noise*

Dengan $\boldsymbol{\Phi}_{s0} = \boldsymbol{diag}\left(\boldsymbol{\Phi}_{s0}^{1}, \dots, \boldsymbol{\Phi}_{s0}^{N}\right), \boldsymbol{\Phi}_{sk} = \boldsymbol{diag}\left(\Phi_{sk}^{1}, \dots, \boldsymbol{\Phi}_{sk}^{N}\right)$ adalah matriks $\boldsymbol{N} \times \boldsymbol{N}$ dengan nilai pembobot yang dipilih agar memenuhi syarat $\boldsymbol{W}_{ii}^{(k)} = \boldsymbol{0}$ dan $\sum_{i \neq j} \boldsymbol{W}_{ij}^{(k)} = \boldsymbol{1}, \boldsymbol{i} = \boldsymbol{1}, \boldsymbol{2}, \dots, \boldsymbol{N}$.

Persamaan merupakan bentuk model GSTAR secara umum dengan orde *autoregressive* $\boldsymbol{p}$ dan orde spasial $\boldsymbol{\lambda_1}, \boldsymbol{\lambda_2}, \dots, \boldsymbol{\lambda_p}$ dapat dinyatakan dalam bentuk matriks sebagai berikut (Suryani & Sari, 2018):

$$\begin{pmatrix} \boldsymbol{Z_1(t)} \\ \boldsymbol{Z_2(t)} \\ \vdots \\ \boldsymbol{Z_n(t)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{\Phi}_{s0}^{(1)} & \boldsymbol{0} & \cdots & \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{\Phi}_{s0}^{(2)} & \cdots & \boldsymbol{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} & \cdots & \boldsymbol{\Phi}_{s0}^{(n)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boldsymbol{Z_1(t-s)} \\ \boldsymbol{Z_2(t-s)} \\ \vdots \\ \boldsymbol{Z_n(t-s)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \boldsymbol{\Phi}_{sk}^{(1)} & \boldsymbol{0} & \cdots & \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{\Phi}_{sk}^{(2)} & \cdots & \boldsymbol{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} & \cdots & \boldsymbol{\Phi}_{sk}^{(n)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boldsymbol{0} & \boldsymbol{W_{12}} & \cdots & \boldsymbol{W_{1n}} \\ \boldsymbol{W_{21}} & \boldsymbol{0} & \cdots & \boldsymbol{W_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{W_{n1}} & \boldsymbol{W_{n2}} & \cdots & \boldsymbol{0} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boldsymbol{Z_1(t-s)} \\ \boldsymbol{Z_2(t-s)} \\ \vdots \\ \boldsymbol{Z_n(t-s)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \boldsymbol{e_1(t)} \\ \boldsymbol{e_2(t)} \\ \vdots \\ \boldsymbol{e_n(t)} \end{pmatrix}$$

Sedangkan model umum GSTAR dengan satu orde atau GSTAR (1) dapat ditulis sebagai berikut (Borovkova, & dkk, 2008):

$$Z_i(t) = \Phi_{0j} Z_j(t-1) + \Phi_{1j} \sum_{k=1}^{3} W_{jk} Z_k(t-1) + e_j(t)$$

2. Fungsi Pembobot

Menurut Mansoer, Tarno, & Wilandari (2016) hubungan spasial dalam model GSTAR dapat dinyatakan dalam matriks pembobot. Berikut adalah mac am-macam pembobot spasial yang digunakan dalam model GSTAR yaitu bobot seragam, bobot invers jarak, dan bobot normalisasi korelasi silang.

1. Bobot Seragam (*Uniform*)

   Ruchjana (2002) mendefinisikan pemilihan bobot lokasi seragam sebagai:

$$W_{ij} = \frac{1}{n_i}$$

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & W_{12} & \cdots W_{1N} \\ W_{21} & 0 & \cdots W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots \; \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \cdots \; 0 \end{bmatrix}$$

2. Bobot Invers Jarak

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{r_2 + r_3}{r_1 + r_2 + r_3} & \frac{r_1 + r_3}{r_1 + r_2 + r_3} & \frac{r_1 + r_2}{r_1 + r_2 + r_3} \\ \frac{r_4 + r_5}{r_1 + r_4 + r_5} & 0 & \frac{r_1 + r_5}{r_1 + r_4 + r_5} & \frac{r_1 + r_4}{r_1 + r_4 + r_5} \\ \frac{r_4 + r_6}{r_2 + r_4 + r_6} & \frac{r_2 + r_6}{r_2 + r_4 + r_6} & 0 & \frac{r_2 + r_4}{r_2 + r_4 + r_6} \\ \frac{r_5 + r_6}{r_3 + r_5 + r_6} & \frac{r_3 + r_6}{r_3 + r_5 + r_6} & \frac{r_3 + r_5}{r_3 + r_5 + r_6} & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & W_{12} & W_{13} & W_{14} \\ W_{21} & 0 & W_{23} & W_{24} \\ W_{31} & W_{32} & 0 & W_{34} \\ W_{41} & W_{42} & W_{42} & 0 \end{bmatrix}$$

3. Bobot Normalisasi Korelasi Silang

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

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

Dimana $i \neq j$ dan memenuhi $\sum_{i \neq j} W_{ij} = 1$

3. Pendugaan Parameter GSTAR

Pendugaan parameter model GSTAR dilakukan pada semua bobot lokasi menggunakan metode kuadrat terkecil. Berdasarkan model GSTAR dengan orde $p = 1$ dan orde spasial 1 dimana kita dapat tuliskan $\emptyset_{ki} = \emptyset_{1k}^{(i)}$ untuk $k = 0, 1$ dapat diturunkan sebagai:

$$Z_i(t) = \emptyset_{10}^{(i)} Z_i(t-1) + \emptyset_{11}^{(i)} \sum_{j=1}^{N} W_{ij} Z_j(t-1) + e_i(t)$$

$$w_{ij} = exp\left[-\left(\frac{d_{ij}}{h_i}\right)\right]$$

4. Uji Kelayakan Model GSTAR

Setelah mendapatkan parameter dan model yang signifikan maka langkah selanjutnya yang diperlukan adalah uji kelayakan model. Model GSTAR dikatakan layak jika memenuhi varian konstan (*white noise*). Deret waktu r_t dikatakan *white noise* jika adalah barisan independen yang identik berdistribusi normal dengan mean dan varian terbatas. Berdistribusi normal dengan mean 0 dan varian , dapat dikatakan jika letak nilai AIC terdapat pada *lag* , maka residual memenuhi asumsi *white noise* (Tsay, 2005). Pemenuhan asumsi *white noise* dapat dilakukan dengan menggunakan uji portmanteau dengan taraf signifikansi sebesar 5%.

5. Pemilihan Model Terbaik

RMSE merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memilih dan menentukan model terbaik berdasarkan nilai kesalahan atau error (Irawati & Tarno, 2015). Berikut rumus menghitung nilai RMSE, yaitu:

$$RMSE = \sqrt{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} (Z_t - \hat{Z}_t)^2}$$

Dimana:

Z_t : Data sebenarnya

$\widehat{\boldsymbol{Z}}_t$: Data hasil ramalan
$\boldsymbol{n}$: Banyaknya ramalan yang dilakukan

METODE PENELITIAN

1. **Sumber Data**

Data dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh melalui *website* Badan Pusat Statistik Jawa Tengah. Data yang digunakan adalah data bulanan Indeks Harga Konsumen dari tahun 2014-2021 pada 6 Kota SBH di Jawa Tengah.

2. **Variabel Penelitian**

Penggunaan data pada penelitian ini terbagi 2, yaitu:
Data *in-sample*: bulan Januari 2014 sampai bulan April 2020 sebanyak 76 data.
Data *out-sampel*: bulan Mei 2020 sampai dengan bulan April 2021 sebanyak 12 data.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan atas 6 Kota SBH di Jawa Tengah. Adapun 6 variabel tersebut, yaitu:

$\boldsymbol{Z_1(t)}$: Nilai IHK di Cilacap
$\boldsymbol{Z_2(t)}$: Nilai IHK di Purwokerto
$\boldsymbol{Z_3(t)}$: Nilai IHK di Kudus
$\boldsymbol{Z_4(t)}$: Nilai IHK di Surakarta
$\boldsymbol{Z_5(t)}$: Nilai IHK di Semarang
$\boldsymbol{Z_6(t)}$: Nilai IHK di Tegal

3. **Analisis Data**

Tahapan analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mendeskripsikan data
2. Identifikasi data
   Melakukan identifikasi data dengan memeriksa kestasioneran data terhadap *mean* dan *varian*. Jika data tidak stasioner terhadap mean maka perlu dilakukan *differencing* (pembedaan). Sebaliknya jika data tidak stasioner terhadap varian maka perlu dilakukan transformasi *Box-Cox*.
3. Identifikasi model GSTAR
   Untuk mengidentifikasi model GSTAR dilakukan dengan menentukan MACF, dan MPACF.
4. Penentuan Bobot Lokasi Model GSTAR
   Menerapkan bobot lokasi pada GSTAR menggunakan bobot lokasi seragam (*uniform*), invers jarak, dan normalisasi korelasi silang pada data IHK 6 Kota SBH di Jawa Tengah.
5. Estimasi Parameter Model GSTAR
6. Uji Kelayakan model GSTAR
   Setelah didapatkan pendugaan parameter maka perlu dilakukan uji kelayakan model. Model GSTAR dikatakan layak apabila memenuhi asumsi *varian* konstan (*white noise*).
7. Pemilihan Model Terbaik
   Untuk mendapatkan model terbaik dilakukan dengan RMSE (*Root Mean Square Error*) untuk setiap model. Model dengan nilai RMSE terkecil merupakan model terbaik.
8. Peramalan

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. **Analisis Deskriptif**

Objek penelitian yang diamati adalah indeks harga konsumen di Jawa Tengah yang dihasilkan dari Survei Biaya Hidup (SBH). Dimana IHK di Jawa Tengah dihitung berdasarkan agregasi enam kota di Jawa Tengah, yaitu Cilacap, Purwokerto, Kudus, Surakarta, Semarang dan Tegal. Secara umum, statistik deskriptif untuk data IHK pada enam Kota di Jawa Tengah tahun 2014 sampai 2020.

Tabel 1. Statistika Deskriptif Data IHK Enam Kota di Jawa Tengah Tahun 2014-2020

Lokasi	Total	Mean	Min	Maks	Standar Deviasi
Cilacap	9659.1	127.1	102.5	140.8	9.837176
Purwokerto	9323.8	122.7	103.3	134.9	8.313286
Kudus	9906.8	130.4	103.4	145.2	10.46144
Surakarta	9232.88	121.5	103.3	133.1	7.85227
Semarang	9407.01	123.8	104.4	136.6	8.586367
Tegal	9251.17	121.7	104.2	134.7	8.821299

Variabel lokasi 6 kota SBH di Jawa Tengah dianalisis menggunakan software R 4.0.5 didapatkan hasil estimasi parameter berikut:

2. Identifikasi Data

Langkah awal dalam mengidentifikasi model peramalan adalah menganalisis data deret berkala dengan plot *time series*, *Box-Cox*, plot MACF dan plot MPACF pada data *time series*. Tujuannya untuk mengetahui kestasioneran data dalam *varians* dan *mean*. Akan tetapi secara formal untuk mengidentifikasi kestasioneran data dilakukan dengan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Berikut uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF) pada data *differencing* 2, yaitu:

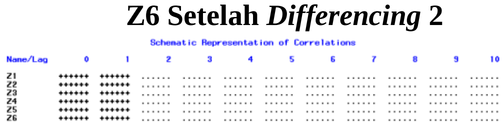
Tabel 2. Uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF) Data IHK Enam Kota di Jawa Tengah Tahun 2014-2020 Setelah *Differencing* 2

Kota	*p-value*	α	Keterangan
Cilacap	0.01	0,05	Stationer
Purwokerto	0.02173		Stasioner
Kudus	0.02526		Stasioner
Surakarta	0.02056		Stasioner
Semarang	0.03409		Stasioner
Tegal	0.04834		Stasioner

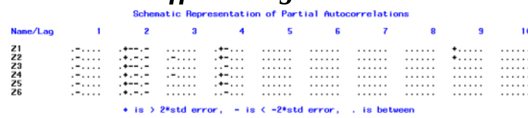
3. Identifikasi Model GSTAR

Tahap identifikasi meliputi identifikasi MACF (*Matrix Autocorrelation Function*), MPACF (*Matrix Partial Autocorrelation Function*), dan nilai AIC (*Akaike's Information Criterion*) pada beberapa orde model.

Gambar 2. Skema Matriks Korelasi Silang (MACF) Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, dan Z6 Setelah *Differencing* 2



Gambar 3. Skema Matriks Korelasi Silang Parsial (MPACF) Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, dan Z6 Setelah *Differencing* 2



Pada Gambar 3 lag-lag yang berada diluar nilai standar error dipilih sebagai orde *autoregressive* model sementara yang sesuai. Model VAR yang terbentuk dari identifikasi pada tahap ini adalah model VAR dengan orde *autoregressive* (p)=2 terbukti pada tabel berikut.

Tabel 3. Ringkasan Nilai-Nilai AIC dari Semua Orde Model

Lag	Nilai AIC
0	-213.665
1	-251.448
2	-420.477
3	-411.309
4	-449.491
5	-440.66
6	-447.749
7	-440.578
8	-480.561
9	-567.018
10	-616.698

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa nilai AIC terjadi penurunan pada lag 2 dari lag sebelumnya, sehingga ditetapkan pada tahap identifikasi diperoleh model dengan orde *autoregressif* 2 dengan pertimbangan plot pada MPACF. Model dengan orde ruang ($\boldsymbol{\lambda_s}$) = 1 karena orde ruang yang lebih tinggi sulit untuk diinterpretasikan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk memodelkan GSTAR musiman pada kasus ini adalah GSTAR ($\mathbf{2_2}$).

4. Penentuan Bobot Lokasi GSTAR

1. Bobot Lokasi Seragam

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.2 & 0 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0.2 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

2. Bobot Lokasi Invers Jarak

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0.117 & 0.166 & 0.109 & 0.102 & 0.506 \\ 0.134 & 0 & 0.132 & 0.346 & 0.231 & 0.158 \\ 0.188 & 0.131 & 0 & 0.212 & 0.162 & 0.307 \\ 0.081 & 0.225 & 0.139 & 0 & 0.450 & 0.104 \\ 0.087 & 0.172 & 0.122 & 0.517 & 0 & 0.101 \\ 0.432 & 0.118 & 0.231 & 0.119 & 0.101 & 0 \end{bmatrix}$$

3. Bobot Lokasi Normalisasi Korelasi Silang

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0.107 & 0.110 & 0.107 & 0.113 & 0.113 \\ 0.141 & 0 & 0.135 & 0.135 & 0.138 & 0.142 \\ 0.006 & 0.001 & 0 & -0.001 & 0 & 0.006 \\ 0.017 & 0.009 & 0.007 & 0 & 0.010 & 0.014 \\ 0.008 & 0.002 & 0.001 & -0.001 & 0 & 0.008 \\ 0.013 & 0.006 & 0.004 & 0.005 & 0.008 & 0 \end{bmatrix}$$

5. Estimasi Parameter Model GSTAR

1. Estimasi Parameter Model GSTAR $(\mathbf{2_2})$ dengan Bobot Lokasi Seragam (*Uniform*)

Tabel 4 Estimasi Parameter Model GSTAR Dengan Bobot Lokasi Seragam (*Uniform*)

Lokasi	Parameter	Estimasi	Standar Eror	*t-value*	*p_value*
Cilacap	ϕ_{10}^{1}	-2.20123	0.36990	-5.951	5.53×10⁹
	ϕ_{11}^{1}	0.40039	0.08938	4.480	9.59×10^{6}
Purwokerto	ϕ_{10}^{2}	-5.13597	0.60124	-8.542	2.29×10^{16}
	ϕ_{11}^{2}	0.88468	0.11599	7.628	1.55×10^{13}
Kudus	ϕ_{10}^{3}	4.18407	0.66898	6.254	9.62×10^{10}
	ϕ_{11}^{3}	-1.17826	0.16734	-7.041	7.58×10^{12}
Surakarta	ϕ_{10}^{3}	-0.50645	0.09597	-5.277	2.08×10^{7}
	ϕ_{11}^{3}	-0.09028	0.01585	-5.695	2.28×10^{8}
Semarang	ϕ_{10}^{5}	-0.50383	0.08904	-5.659	2.79×10^{8}
	ϕ_{11}^{5}	-0.09936	0.01607	-6.183	1.46×10^{9}
Tegal	ϕ_{10}^{6}	-0.49913	0.09336	-5.346	1.46×10^{7}
	ϕ_{11}^{6}	-0.09309	0.01591	-5.849	9.78×10^{9}

2. Estimasi Parameter Model GSTAR $(\mathbf{2_2})$ dengan Bobot Lokasi Invers Jarak

Tabel 5 Estimasi Parameter Model GSTAR Dengan Bobot Lokasi Invers Jarak

Lokasi	Parameter	Estimasi	Standar Eror	*t-value*	*p_value*
Cilacap	ϕ_{10}^{1}	-2.20616	0.37053	-5.954	5.43×10^{9}
	ϕ_{11}^{1}	0.40161	0.08954	4.485	9.35×10^{6}
Purwokerto	ϕ_{10}^{2}	-5.14307	0.60181	-8.546	2.23×10^{16}
	ϕ_{11}^{2}	0.88606	0.11609	7.632	1.50×10^{13}
Kudus	ϕ_{10}^{3}	4.14183	0.66645	6.215	1.21×10^{9}
	ϕ_{11}^{3}	-1.16766	0.16671	-0.7004	9.59×10^{12}
Surakarta	ϕ_{10}^{3}	-0.50644	0.09600	-5.275	2.10×10^{7}
	ϕ_{11}^{3}	-0.09032	0.01586	-5.695	2.29×10^{8}
Semarang	ϕ_{10}^{5}	-0.50382	0.08906	-5.657	2.81×10^{8}
	ϕ_{11}^{5}	-0.09941	0.01608	-6.183	1.46×10^{9}
Tegal	ϕ_{10}^{6}	-0.49914	0.09339	-5.345	1.47×10^{7}
	ϕ_{11}^{6}	-0.09308	0.01592	-5.847	9.88×10^{9}

3. Estimasi Parameter Model GSTAR $(\mathbf{2_2})$ dengan Bobot Lokasi Normalisasi Korelasi Silang

Tabel 6. Estimasi Parameter Model GSTAR Dengan Bobot Lokasi Korelasi Silang

Lokasi	Parameter	Estimasi	Standar Eror	*t-value*	*p_value*
Cilacap	ϕ_{10}^{1}	-2.25363	0.37075	-6.079	2.67×10^{9}

	ϕ_{11}^{1}	**0.41328**	**0.08962**	**4.612**	**5.27×10^{6}**
Purwokerto	ϕ_{10}^{2}	**-5.25627**	**0.60177**	**-8.735**	**$<2\times10^{16}$**
	ϕ_{11}^{2}	**0.90812**	**0.11611**	**7.821**	**4.06×10^{14}**
Kudus	ϕ_{10}^{3}	**4.59349**	**0.68757**	**6.681**	**7.36×10^{11}**
	ϕ_{11}^{3}	**-1.28120**	**0.17205**	**-7.447**	**5.27×10^{13}**
Surakarta	ϕ_{10}^{3}	**-0.50645**	**0.09522**	**-5.319**	**1.68×10^{7}**
	ϕ_{11}^{3}	**-0.09033**	**0.01573**	**-5.741**	**1.77×10^{8}**
Semarang	ϕ_{10}^{5}	**-0.50384**	**0.08835**	**-5.703**	**2.19×10^{8}**
	ϕ_{11}^{5}	**-0.09942**	**0.01595**	**-6.233**	**1.09×10^{9}**
Tegal	ϕ_{10}^{6}	**-0.49914**	**0.09263**	**-5.388**	**1.17×10^{10}**
	ϕ_{11}^{6}	**-0.09314**	**0.01580**	**-5.897**	**7.51×10^{9}**

4. Uji Kelayakan Model GSTAR

Setelah mendapatkan parameter dan model untuk masing-masing lokasi, maka langkah selanjutnya adalah pengujian asumsi. Untuk menguji asumsi residual memenuhi *white noise* digunakan uji *Ljung-Box* dengan hasil yang tersaji pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Uji *White Noise* Dengan *Ljung-Box*

Bobot	P-Value	Keterangan
Seragam	**0.4906**	***White Noise***
Invers Jarak	**0.4934**	***White Noise***
Korelasi Silang	**0.3004**	***White Noise***

Berdasarkan Tabel 7 diatas dapat disimpulkan bahwa semua nilai *p-value Ljung-Box Test* lebih besar dari 0.05 yang berarti bahwa residual dalam model telah memenuhi asumsi *white noise* sehingga layak digunakan untuk peramalan.

5. Pemilihan Model GSTAR

Setelah memperoleh pemodelan GSTAR dan pengujian kelayakan model selanjutnya dilakukan penghitungan akurasi pemodelan untuk mendapatkan model terbaik. Akurasi pemodelan ini dilihat dari nilai RMSE terkecil, dimana model dengan nilai RMSE terkecil itu dinyatakan sebagai model terbaik. Nilai RMSE setiap model disajikan pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Nilai RMSE Model GSTAR (2_2)

Bobot Lokasi	RMSE Model
Seragam	4.009789
Invers Jarak	4.011035
Korelasi Silang	3.97872

Berdasarkan Tabel 8 secara umum nilai RMSE model GSTAR dengan bobot korelasi silang memiliki nilai RMSE terkecil yaitu sebesar 3.97872. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Model GSTAR (2_2) dengan bobot normalisasi korelasi silang merupakan model terbaik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) dengan bobot lokasi terbaik pada data IHK 6 kota SBH di Jawa Tengah adalah Model GSTAR (2_2) dengan pembobot lokasi korelasi silang. Berikut bentuk model untuk tiap lokasi, yaitu:
   a. $\boldsymbol{Z_1(t) = -2.25363Z_1(t-1) - 2.25363Z_1(t-2) + 0.042842Z_2(t-1) + 0.042842Z_2(t-2) + 0.044043Z_3(t-1) + 0.044043Z_3(t-2) + 0.042842Z_4(t-1) + 0.042842Z_4(t-2) + 0.045244Z_5(t-1) 0.045244Z_5(t-2) + 0.045244Z_6(t-1) + 0.045244Z_6(t-2) + e_1(t)}$
   b. $\boldsymbol{Z_2(t) = 0.124740Z_1(t-1) + 0.124740Z_1(t-2) - 5.25627Z_2(t-1) - 5.25627Z_2(t-2) + 0.119432Z_3(t-1) + 0.119432Z_3(t-2) + 0.119432Z_4(t-1) + 0.119432Z_4(t-2) + 0.122086Z_5(t-1) + 0.122086Z_5(t-2) + 0.125625Z_6(t-1) + 0.125625Z_6(t-2) + e_2(t)}$
   c. $\boldsymbol{Z_3(t) = -0.007070Z_1(t-1) - 0.007070Z_1(t-2) - 0.001178Z_2(t-1) - 0.001178Z_2(t-}$

$$2) + 4.59349Z_3(t-1) + 4.59349Z_3(t-2) + 0.001178Z_4(t-1) + 0.001178Z_4(t-2) - 0.007070Z_6(t-1) - 0.007070Z_6(t-2) + e_3(t)$$

d. $$Z_4(t) = -0.001535Z_1(t-1) - 0.001535Z_1(t-2) - 0.00083Z_2(t-1) - 0.00083Z_2(t-2) - 0.000632Z_3(t-1) - 0.000632Z_3(t-2) - 0.50645Z_4(t-1) - 0.50645Z_4(t-2) - 0.000903Z_5(t-1) - 0.000903Z_5(t-2) - 0.001264Z_6(t-1) - 0.001264Z_6(t-2) + e_4(t)$$

e. $$Z_5(t) = -0.000795Z_1(t-1) - 0.000795Z_1(t-2) - 0.000199Z_2(t-1) - 0.000199Z_2(t-2) - 0.000099Z_3(t-1) - 0.000099Z_3(t-2) + 0.000099Z_4(t-1) + 0.000099Z_4(t-2) - 0.50384Z_5(t-1) - 0.50384Z_5(t-2) - 0.000795Z_6(t-1) - 0.000795Z_6(t-2) + e_5(t)$$

f. $$Z_6(t) = -0.001210Z_1(t-1) - 0.001210Z_1(t-2) - 0.000559Z_2(t-1) - 0.000559Z_2(t-2) - 0.000372Z_3(t-1) - 0.000372Z_3(t-2) - 0.000465Z_4(t-1) - 0.000465Z_4(t-2) - 0.000745Z_5(t-1) - 0.000745Z_5(t-2) - 0.49914Z_6(t-1) - 0.49914Z_6(t-2) + e_6(t)$$

2. Data IHK 6 kota SBH di Jawa Tengah menggunakan model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) dengan bobot lokasi korelasi silang memiliki nilai RMSE terkecil dibandingkan bobot lokasi lainnya.
3. Hasil ramalan data IHK di Jawa Tengah dapat terlihat bahwa data IHK dari Juni 2021 sampai Mei 2022 di setiap kota meningkat setiap bulannya.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, D., Prahutama, A., & Andari, S. 2013. Aplikasi Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) pada Pemodelan Volume Kendaraan Masuk Tol Semarang. *Media Statistika*, Vol. 6, No. 2, Hal: 71-80.

Anselin, L. 1988. *Spatial Econometrics: Method and Models*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Badan Pusat Statistik. 2020. *Indeks Harga Konsumen dan Inflasi Provinsi Jawa Tengah 2020*. Diambil dari https://jateng.bps.go.id/publication/2021/03/02/9d87614d2241b0fe71e99b42/indeks-harga-konsumen-dan-inflasi-provinsi-jawa-tengah-2020.html

Borovkova, S., Lopuhaa, H.P., dan Ruchjana, B.N. 2008. Consistency and Asymptotic Normality of Least Square Estimator in Generalized STAR Models. *Journal compilation Statistica Nederlandica*. 487-489.

Dardiri, A. 2018. *Indeks Harga Konsumen 8 Kota di Provinsi Jawa Timur*. Jawa Timur: BPS Provinsi Jawa Timur.

Drapper, N. R., & Smith, H. 1998. *Applied Regression Analysis, Third Editon*. New York: John Wiley.

Fotheringham, A. S., Brundson, C., & Charlton, M. 2002. *Quantitative Geography*. London: Sage Publication Ltd.

Gusnadi, R. R. 2015. Pemodelan Generalized Space-Time Autoregressive (GS-TAR) Seasonal pada Data Jumlah Wisatawan Mancanegara Empat Kabupaten/Kota di Jawa Tengah. *Jurnal Gaussian*, Vol. 04, Hal. 1017-1026.

Ispriyanti, D. 2004. Pemodelan Statistika dengan Transformasi *Box Cox*. *Jurnal Matematika dan Komputer*. Vol. 7(3): 8-17.

Laili, U. F. 2012. Analisis *Time Series* terhadap Indeks Harga Konsumen (IHK) Kabupaten Cilacap dengan *Autoregressive Integrated Moving Average* dalam Perspektif Islam. *Fakultas Syari'ah Lain Sunan Ampel Surabaya*, Vol. 02, No. 01, ISNN: 2252-7907.

Lee, J., & Wong, S. W. 2001. *Statistical Analysis with Arcview GIS*. United Stated of America: John Wiley & Sons, Inc.

Lembo, A. J. 2006. *Spatial Autocorrelation*. New York: Cornell University.

Makridakis, S., Wheelwriht, S. C., dan McGee, V. E. 1992. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Erlangga.

Mansoer, A. S., Tarno, & Wilandari, Y. 2016. Pemodelan Seasonal Generalized Space Time Autoregressive (SGSTAR) (Studi Kasus: Produksi Padi di Kabupaten Demak, Kabupaten Boyolali, dan Kabupaten Grobongan). *Jurnal Gaussian*, Vol. 5, No. 4, Hal. 593-602.

Masdin, M. A., Lusiyanti, D., & Nur'eni. 2018. Peramalan Menggunakan Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) untuk Indeks Harga Konsumen di Empat Kota Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Matematika Integratif*, Vol. 14, No. 1, pp. 39-49.

Rahmadani. 2011. *Kajian Model Regresi Diri Ruang-Waktu Terampat (Kasus: Data Hotspot Kebakaran Hutan di Riau)*. Bogor: Program Pascasarjana, IPB.

Rani, S.A.P., Kusdawarti, H., dan Sumarminingsih, E. 2013. *Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR($\boldsymbol{p_1}$)): Penerapan pada Data Kesakitan Penyakit ISPA di Kota Malang*. Malang: Universitas Brawijaya.

Ruchjana, B. N. 2002. *Pemodelan Kurva Produksi Minyak Bumi Menggunakan Model Generalisasi STAR*. Bogor: Forum Statistika dan Komputasi IPB.

Subanar & Suhartono. 2009. *Wavelet Neural Network untuk Peramalan Data Time Series Finansial*. Yogyakarta: FMIPA UGM.

Suhartono, & Atok, R. M. 2006. *Pemilihan Bobot Lokasi yang Optimal Pada Model GSTAR. Presented at National Mathematics Conference XIII*. Semarang: Universitas Negeri Malang.

Sukirno, Sadono. 2011. *Makroekonomi: Teori Pengantar*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

Suryani, & Sari, D. R. 2018. Estimasi Parameter Model Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) Menggunakan Metode Generalized Least Square (GLS). *Program Studi Pendidikan Matematika FKIP UMS*, ISSN: 2502-6526.

Susanti, D. & Susiswo. 2013. *Aplikasi Model GSTAR Pada Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Empat Lokasi Wisata di Batu*. Malang: Universitaas Negeri Malang.

Purwandari, A. E. D. 2019. Pemodelan dan Peramalan Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Sampit dengan Seasonal ARIMA (SARIMA). *Jurnal Derivat*, Vol. 6, No. 2, ISSN: 2407-3792.

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

Wei, W. W. 2006. *Time Series Univariate and Multivariate Methods*. Canada: Addision Wesley Publishing Company, Inc.

Wutsqa, D. U., Suhartono, & Sutijo, B. 2010. Generalized Space Time Autoregressive Modelling. *Proceedings of the 6th IMT-GT Conference on Mathematics, Statistics and its Application*, Hal. 752-761.

Zhang, T Wang K & Zhang, X. 2015. Modeling and Analyzing the Transmission Dynamics of HBV Epidemic in Xinjiang, China. *Journal PLOS One*, Vol. 3, No. 1.