Pemodelan *Generalized Space Time Autoregressive With Variable Eksogenous* (GSTAR-X) Pada Peramalan Inflasi Enam Kota Survei Biaya Hidup di Jawa Tengah

Oleh: Alwan Fadlurohman
Univeristas Muhammadiyah Semarang

Article history
Submission :
Revised :
Accepted :

Keyword:
GSTAR, GSTARX, Inflasi, Jawa Tengah, Survei Biaya Hidup

Abstract

Inflation is a tendency to increase prices of goods and services that take place continuously. Inflation is a monthly time series data which is thought to also be influenced by elements between locations. Modeling for inflation forecasting that involves time and location (spatio temporal) can use the Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) method. To increase accuracy in forecasting, the GSTAR model was developed into the GSTARX model by involving exogenous variables. Exogenous variables used in the modeling of GSTARX for forecasting inflation This is a variation of the Eid calendar with two calendar variations, namely first inflation on the month of Eid al-Fitr and the second inflation one month before Eid al-Fitr. This case study in GSTARX modeling is applied for inflation forecasting in six cities Cost of Living Survey (SBH) in Central Java, namely Cilacap, Purwokerto, Semarang, Kudus, Magelang and Surakarta. The purpose of this study is to get the best GSTARX model for modeling inflation of six SBH cities in Central Java. Four GSTARX models obtained with each RMSE value are calendar 1 variation models with uniform location weights have RMSE values of 0.6108, calendar 1 variation models with distance inverse location weights have RMSE values of 0.6124, calendar 2 variation models with weights uniform location has an RMSE value of 0.6252, a calendar variation model 2 with a weight inverse distance location has an RMSE value of 0.6264. It can be concluded that the GSTARX model using calendar variation 1 with uniform location weights is the best model. The best model obtained is used for forecasting the next 12 periods.

PENDAHULUAN

Inflasi merupakan salah satu permasalahan klasik dalam suatu perekonomian dan juga merupakan fenomena ekonomi yang sangat ditakuti oleh semua negara di dunia, termasuk Indonesia. Inflasi merupakan kenaikan haraga secara terus-menerus atau merupakan kecenderungan naiknya harga barang dan jasa yang berlangsung secara terus menerus (Badan Pusat Statistik,2018). Data inflasi merupakan data runtun waktu (*time series*), sehingga dapat dimodelkan dengan menggunakan metode analisis *time series*. Runtun waktu adalah rangkaian data yang berupa pengamatan yang diukur selama kurun waktu tertentu. Berdasarkan banyaknya variabel yang diteliti, data *time series* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *univariat time series* dan multivariat *time series*. Untuk mendapatkan tambahan informasi pemodelan dan peramalan pada data *time series* perlu ditambahkan variabel eksogen.

Ada beberapa metode yang telah diusulkan sebelumnya yang dapat digunakan untuk melakukan pemodelan dan peramalan dengan penambahan variabel eksogen, seperti penelitian yang dilakukan oleh (Anggraeni *et al*, 2015) tentang perbandingan antara ARIMA dan ARIMAX dengan hasil yang menunjukkan bahwa metode ARIMAX lebih baik daripada

ARIMA dalam hal akurasi level, testing dan hasil peramalan. Salah satu variabel *eksogenous* yang biasa digunakan adalah variabel *eksogenous* dengan model variasi kalender. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Suhartono *et al*, 2015) dengan penelitian yang berfokus pada pengembangan prosedur pembentukan model terbaik variasi kalender, yaitu menggunakan *dummy* regresi atau pendekatan *autoregressive*. Serta penelitian (Suhartono *et al*,2010) tentang variasi kalender dengan efek ramadhan untuk memodelkan penjualan pakaian muslim anak laki-laki.

Perkembangan dari multivariat *time series* selain melihat unsur waktu juga melibatkan unsur lokasi. Model yang melibatkan unsur waktu dan lokasi adalah *Space Time Autoregressive* (STAR). Model STAR mempunyai kelemahan pada fleksibilitas parameter yang mengasumsikan bahwa lokasi-lokasi yang memiliki yang homogen, sehingga jika pada lokasi-lokasi yang memiliki karakteristik hoterogen model STAR kurang baik untuk digunakan (Rani *et all*,2013). Kelemahan dari model STAR telah diperbaiki dan dikembangkan oleh (Borovkova *et all*,2008) melalui suatu model yang dikenal dengan model GSTAR yang mengasumsikan bahwa lokasi-lokasi yang memiliki karakteristik heterogen, sehingga perbedaan antar lokasi ditunjukkan dalam bentuk matriks pembobot.

Model GSTAR juga dikembangkan dengan melibatkan variabel *eksogenous* yang dikenal dengan pemodelan GSTARX. Model GSTARX merupakan model dengan melibakan variabel eksogen (X) dalam model, sehingga tidak hanya dipengaruhi variabel itu sendiri pada periode watu dan juga faktor lokasi tetapi juga dipengaruhi oleh variabel eksogen (X). Penelitian tentang GSTARX pernah dilakukan oleh (Muryanto, 2016) yang melakukan pemodelan IHK di Kalimantan dengan menggunakan GSTARX dengan data jumlah uang beredar sebagai variabel eksogen, dengan kesimpulan model GSTARX memberikan hasil ramalan yang akurat dibandingkan dengan model GSTAR. Serta penelitian yang dilakukan (Hapsari ,2017) tentang pengembangan ramalan interval pada model GSTARX untuk peramalan indeks harga konsumen kelompok bahan makanan lima kota di Sumatera dengan hasil model GSTARX dapat memperkecil nilai RMSE *in-sample* dibandingkan dengan model GSTAR, penurunan RMSE *in-sample* sebesar 0,04 sampai 0,77%.

Inflasi di Jawa Tengah yang dihasilkan dari 6 (enam) kota-kota SBH di Jawa Tengah yaitu Cilacap, Purwokerto, Kudus, Surakarta, Semarang dan Tegal selain berdasarkan unsur waktu, juga berdasarkan unsur lokasi dimana memiliki karakteristik lokasi yang heterogen. Inflasi 6 kota SBH di jawa Tengah juga dipengaruhi variabel eksogen (X) atau faktor lain yang dapat mempengaruhi inflasi, salah satunya adalah variasi kalendar dalam hal ini pengaruh idul fitri. Oleh karena itu, dari fakta diatas fokus dalam penelitian ini adalah akan melakukan pemodelan dan peramalan inflasi enam kota Survei Biaya Hidup di Jawa Tengah menggunakan metode GSTAR-X dengan variabel *eksogenous* berupa variasi kalender hari raya idul fitri dengan menggunakan pembobot invers jarak dan seragam. Sehingga diharapkan mendapatkan model terbaik dan hasil peramalan inflasi enam kota Survei Biaya Hidup menggunakan metode GSTARX.

LANDASAN TEORI

Model *Space Time Autoregressive* (STAR)

Model STAR merupakan suatu model yang dikategorikan berdasarkan lag yang berpengaruh secara linier baik dalam lokasi maupum waktu (Pfeifer dan Deutsch, 1980) seperti yang dikutip oleh (Nurcahyani, 2016). Model STAR mengasumsikan bahwa penelitian di waktu sekarang dipengaruhi oleh waktu sebelumnya di lokasi tertentu, lokasi-lokasi yang ditteliti adalah sama sehingga model ini hanya dapat diterapkan pada lokasi yang bersifat homogen (seragam). Dalam notasi matriks, model STAR dengan derajat *autoregressive p* dan derajat spasial $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_p$. STAR (p ; $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_p$) dirumuskan sebagai berikut :

$$Z(t) = \sum_{k=1}^{p} \sum_{l=0}^{\lambda_k} \phi_{kl} W^{(l)} Z(t-k) + e(t) \quad (1)$$

Dengan :

Z(t) : vektor pengamatan ukuran (n x l) dari n lokasi pada waktu t

Z(t-k) : vektor pengamatan ukuran (n x l) dari n lokasi pada waktu (t-k)

ϕ_{kl} : parameter STAR pada lag waktu k dan lag spasial l

$W^{(l)}$: matriks pembobot ukuran (n x n) pada lag spasial l

λ_k : spasial lag dari bentuk *autoregressive* orde p e(t) : vektor *noise* (n x l) berdistribusi normal dengan mean 0 dan matriks varian-kovarian $\sigma^2 I_N$

N : banyaknya lokasi pengamatan

(Pfeifer, 1980) seperti yang dikutip oleh (Nurcahyani, 2016).

Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR)

Model GSTAR merupakan pengembangan dari model STAR. Model GSTAR merupakan suatu model yang mempunyai keterkaitan antara waktu dan lokasi dimana lokasi yang diteliti memiliki karakteristik yang tidak seragam (heterogen). Menurut (Suhartono dan Subanar, 2006) seperti yang dikutip oleh (Nurcahyani,2016) secara matematis notasi dari model GSTAR (1:p) adalah sama dengan model STAR (1:p). Perbedaan utama dari model GSTAR ini terletak pada nilai-nilai parameter pada lag spasial yang sama diperbolehkan berlainan. Sedangkan pada model STAR pada parameter *autoregressive* diasumsikan sama pada semua lokasi. Dalam notasi matriks, model GSTAR dengan derajat *autoregressive p* dan derajat spasial $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_p$. GSTAR (p ; $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_p$) dirumuskan sebagai berikut :

$$Z(t) = \sum_{k=1}^{p}[\, \phi_{k0} + \phi_{k1} W]\, Z(t-k) + e(t) \quad (2)$$

Dengan :

Z(t) : vektor pengamatan ukuran (n x l) dari n lokasi pada waktu t

Z(t-k) : vektor pengamatan ukuran (n x l) dari n lokasi pada waktu (t-k)

W : matriks pembobot (n x n)

ϕ_{k0} : diag $(\phi_{k0}{}^{1}, \dots, \phi_{k0}{}^{n})$ = matriks diagonal parameter *autoregressive* lag time l

ϕ_{k1} : diag $(\phi_{k1}{}^{1}, \dots, \phi_{k1}{}^{n})$ = matriks diagonal parameter *autoregressive* lag spasial l dan lag time l

e(t) : vektor *noise* (n x l) berdistribusi normal dengan mean 0 dan matriks varian-kovarian $\sigma^2 I_N$

(Suhartono dan Subanar, 2006) seperti yang dikutip oleh (Nurcahyani,2016).

Variable Exogenous

Salah satu variabel eksogenous yang dapat digunakan adalah Model Variasi Kalender. Model variasi kalender merupakan model *time series* yang digunakan untuk meramalkan data berdasarkan pola musiman dengan periode bervariasi. Di sebagian besar negara-negara Islam, data *time series* bulanan di bidang ekonomi dan bisnis dapat diketahui dengan dua jenis efek kalender, yaitu efek hari kerja atau efek hari perdagangan di setiap bulan, yang biasa disebut sebagai efek perdagangan hari dan efek hari libur seperti tahun baru cina, natal, dan idul fitri dimana penentuan hari raya tersebut berbeda dengan kelender Masehi. Indonesia merupakan salah satu negara yang merasakan variasi kalender terutama saat memasuki bulan Ramadhan. Saat Ramadhan tingkat konsumsi meningkat sehingga pemerintah maupun perusahaan perlu melakukan suatu kebijakan untuk menjaga stok barang agar tetap terjaga.

Model *Generalized Space Time Autoregressive With Variabel Exogenous* (GSTAR-X)

Model GSTAR juga dikembangkan dengan melibatkan variabel eksogenus yang dikenal dengan pemodelan GSTARX. Model GSTARX merupakan model dengan melibakan variabel eksogen (X) dalam model, sehingga tidak hanya dipengaruhi variabel itu sendiri pada periode waktu dan juga faktor lokasi tetapi juga dipengaruhi oleh variabel eksogen (X). Dalam notasi matriks, model GSTAR-X (p; $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_p$) dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y(t) = \sum_{k=1}^{p}\sum_{l=0}^{\lambda_k}[\, \phi_{kl} W^{(l)} Y(t-k)\,] + \Upsilon_{kl} X(t-s+1) + e(t) \quad (3)$$

Dengan :

Y(t) = Z(t) – Z(t-k); Y(t-k) = Z(t-k) – Z(t-k-1)

N : banyaknya lokasi pengamatan yaitu i = 1,2,....,n

λ_k : orde spasial dari bentuk *autoregressive* orde ke-k

Z(t) : vektor pengamatan berukuran (n x l) pada waktu t

Z(t-k) : vektor pengamatan berukuran (n x l) pada waktu (t-k)

X(t) : vektor variabel eksogen orde ke-l berukuran (n x l) pada waktu t

X(t-s+1) : vektor variabel eksogen orde ke-s berukuran (n x l) pada waktu (t-s+1)

ϕ_{kl} : diag $(\phi_{kl}{}^{l}, \dots, \phi_{kl}{}^{n})$ yaitu matriks diagonal parameter *autoregressive* pada waktu k dan lag spasial l berukuran (n x n)

Υ_{kl} : diag $((\Upsilon_1{}^{(l)}, \dots, \Upsilon_s{}^{(n)})$ yaitu matriks diagonal variabel eksogen orde ke-s berukuran (n x n)

$W^{(l)}$: matriks bobot berukuran (n x n) pada lag spasial l (dimana l = 0,1,....)

e(t) : vektor *noise* (n x l) berdistribusi normal dengan mean 0 dan matriks varian-kovarian $\sigma^2 I_N$

Ruchjana (2019).

Menurut Ruchjana dan Borovkova (2008) seperti yang dikutip oleh Ruchjana (2019) menyatakan bahwa parameter model GSTAR dapat di estimasi menggunakan OLS, pendekatan metode OLS juga dapat digunakan dalam penaksiran model GSTAR yang melibatkan variabel eksogen (X).

Bobot Lokasi Model GSTARX

Pada pemodelan GSTAR-X permasalahan yang sering terjadi yaitu terletak pada pemilihan atau penentuan bobot lokasi. Pemilihan bobot lokasi pada model GSTAR-X dibagi menjadi 2 pembobot yaitu bobot lokasi sragam (*uniform*) dan invers jarak.

a. Bobot Lokasi Seragam (*Uniform*)

Ruchjana (2002) seperti yang dikutip oleh Nurcahyani (2016) mendefinisikan pemilihan bobot lokasi seragam sebagai :

$$W_{ij} = \frac{1}{n_i} \quad (4)$$

dengan n_i menyatakan jumlah lokasi yang berdekatan dengan lokasi i pada spasial lag 1. Bobot pada model ini mempunyai sifat-sifat :

$$W_{ij} > 0,\ W_{ii} = 0,\ \sum_{j=1}^{N} W_{ij} = 1,\ \forall_i,$$
$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} W_{ij} = N$$

Bobot lokasi ini memberikan nilai bobot yang sama pada setiap lokasi. Oleh karena itu bobot lokasi ini sering digunakan pada data yang seragam atau mempunyai jarak yang sama untuk setiap lokasi. Bobot W_{ij} pada lag 1 dinyatakan oleh W berupa matriks nxn sebagai berikut :

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

b. Bobot Lokasi *Invers* Jarak

Nilai bobot lokasi *invers* jarak diperoleh berdasarkan jarak antar lokasi yang sebenarnya. Perhitungan bobot dengan metode *invers* jarak diperoleh dari hasil *invers* jarak sebenarnya kemudian dinormalisasi. Bentuk matriks jarak awal yang terbentuk adalah :

$$M = \begin{bmatrix} m_{AA} & m_{AB} & m_{AC} & m_{AD} \\ m_{BA} & m_{BB} & m_{BC} & m_{BD} \\ m_{CA} & m_{CB} & m_{CC} & m_{CD} \\ m_{DA} & m_{DB} & m_{DC} & m_{DD} \end{bmatrix}$$

Kemudian matriks tersebut distandarisasi dalam bentuk matriks untuk memenuhi sifat bobot $\sum_{j-1}^{N} W_{ij}^{(l)}=1$, j ≠ i. Dengan asumsi jarak yang dekat memiliki hubungan antar lokasi yang kuat maka secara umum bobot invers jarak untuk masing-masing lokasi dapat dinyatakan dengan :

$$W_{ij} = \frac{\frac{1}{m_{ij}}}{\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{m_{ij}}},\ j \neq i, \quad (5)$$

dengan jumlah pembobot untuk setiap lokasi adalah 1, $\sum_{j-1}^{N} W_{ij}^{(l)}=1$ dan $\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} W_{ij} =$ N. Diagaonal matriks bobot invers jarak w_{ij} adalah nol, karena untuk suatu lokasi dianggap tidak ada jarak dengan dirinya sendiri. Sehingga bentuk matriks invers jarak yang terbentuk adalah :

$$\begin{bmatrix} 0 & \frac{\frac{1}{m_{AB}}}{\frac{1}{m_{AB}}+\frac{1}{m_{AC}}+\frac{1}{m_{AD}}} & \frac{\frac{1}{m_{AC}}}{\frac{1}{m_{AB}}+\frac{1}{m_{AC}}+\frac{1}{m_{AD}}} & \frac{\frac{1}{m_{AD}}}{\frac{1}{m_{AB}}+\frac{1}{m_{AC}}+\frac{1}{m_{AD}}} \\ \frac{\frac{1}{m_{BA}}}{\frac{1}{m_{BA}}+\frac{1}{m_{BC}}+\frac{1}{m_{BD}}} & 0 & \frac{\frac{1}{m_{BC}}}{\frac{1}{m_{BA}}+\frac{1}{m_{BC}}+\frac{1}{m_{BD}}} & \frac{\frac{1}{m_{BD}}}{\frac{1}{m_{BA}}+\frac{1}{m_{BC}}+\frac{1}{m_{BD}}} \\ \frac{\frac{1}{m_{CA}}}{\frac{1}{m_{CA}}+\frac{1}{m_{CB}}+\frac{1}{m_{CD}}} & \frac{\frac{1}{m_{CB}}}{\frac{1}{m_{CA}}+\frac{1}{m_{CB}}+\frac{1}{m_{CD}}} & 0 & \frac{\frac{1}{m_{CD}}}{\frac{1}{m_{CA}}+\frac{1}{m_{CB}}+\frac{1}{m_{CD}}} \\ \frac{\frac{1}{m_{DA}}}{\frac{1}{m_{DA}}+\frac{1}{m_{DB}}+\frac{1}{m_{DC}}} & \frac{\frac{1}{m_{DB}}}{\frac{1}{m_{DA}}+\frac{1}{m_{DB}}+\frac{1}{m_{DC}}} & \frac{\frac{1}{m_{DC}}}{\frac{1}{m_{DA}}+\frac{1}{m_{DB}}+\frac{1}{m_{DC}}} & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & W_{12} & W_{13} & W_{14} \\ W_{21} & 0 & W_{23} & W_{24} \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} & W_{34} \\ W_{41} & W_{42} & W_{43} & 0 \end{bmatrix}$$

Hapsari (2017).

Pemilihan Model Terbaik GSTAR-X

Untuk menentukan model terbaik dilakukan dengan RMSE (*Root Mean Square Error*) untuk setiap model dengan nilai RMSE terkecil menyatakan model terbaik. RMSE dirumuskan sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{M}\sum_{t=1}^{M}(Z_t - \hat{Z}_t)^2} \quad (6)$$

M adalah banyaknya data ramalan yang dilakukan. Zt menyatakan data yang sebenarnya dan data hasil ramalan. Nilai RMSE berikisar antara 0 sampai ~. Semakin kecil nilai RMSE maka model yang digunakan semakin bagus (Wei, 2006) seperti yang dikutip oleh Nurcahyani (2016).

METODE PENELITIAN

Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini, yaitu data sekunder yang bersumber dari jateng.bps.go.id berupa data inflasi. Data inflasi yang dimaksud adalah data inflasi bulanan di 6 (enam) kota Survey Biaya Hidup di Jawa Tengah yaitu Purwokerto, Cilacap, Tegal, Kudus, Surakarta dan Semarang dari bulan Januari 2010 sampai dengan Desember 2019 dengan jumlah data sebanyak 120 data. Data dibagi menjadi data *training* dan *testing*, untuk pembagiannya adalah 90% data *training* dan *10%* data *testing*. Data periode Januari 2010 sampai dengan Desember 2018 digunakan sebagai data *training* dengan jumlah data sebanyak 108 data sedangkan periode Januari 2019 sampai dengan Desember 2019 digunakan sebagai data *testing* dengan jumlah data 12 data. Data *training* digunakan untuk membentuk suatu model, sedangkan data *testing* digunakan untuk memeriksa daya ramal model yang terbentuk dari data *training*.

Variabel dan Struktur Data

Tabel 1. Variabel Data

No	Variabel	Keterangan
1	$Y_{1,t}$	Inflasi Purwokerto
2	$Y_{2,t}$	Inflasi Cilacap
3	$Y_{3,t}$	Inflasi Tegal
4	$Y_{4,t}$	Inflasi Semarang
5	$Y_{5,t}$	Inflasi Kudus
6	$Y_{6,t}$	Inflasi Surakarta
7	D_t	Variasi Kalender 1
8	D_{t-1}	Variasi Kalender 2

Tabel 2. Struktur Data

t	**Bulan**	**Tahun**	$\mathbf{Y_{1,t}}$	**...**	$\mathbf{Y_{6,t}}$	$\mathbf{D_{t-1}}$
1	1	2010	$Y_{1,1}$	...	$Y_{6,1}$	0
2	2	2010	$Y_{1,2}$	...	$Y_{6,2}$	0
:	:	:	:	:	:	:
6	6	2010	$Y_{1,6}$	...	$Y_{6,6}$	0
:	:	:	:	:	:	:
12	12	2010	$Y_{1,12}$	...	$Y_{6,12}$	0
:	:	:	:	:	:	:
120	12	2019	$Y_{1,120}$	...	$Y_{6,120}$	0

Langkah Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini yaitu :

1. Melakukan identifikasi variabel *dummy* berdasarkan periode variasi kalender dalam hal ini *dummy* hari raya Idul Fitri selama periode pengamatan.
2. Identifikasi Data Inflasi 6 kota SBH di Jawa Tengah dengan melihat mean dan variansnya.
3. Membagi data menjadi data training dan data testing dengan ketentuan (90:10).
4. Identifikasi stasioneritas dan pola data yang diperoleh dengan menggunakan *Augmented Dickey Fuller* (ADF) dan MCCF.
5. Identifikasi orde waktu, AR (p) dengan menggunakan MCCF dan AIC minimum.
6. Menentukan bobot spatial yang digunakan, bobot spasial yang dipergunakan ditentukan dengan orde spatial (p1).
7. Melakukan penghitungan nilai bobot wilayah (W^1) menggunakan bobot seragam dan invers jarak.
8. Melakukan estimasi parameter menggunakan orde *p* dengan model GSTARX-OLS pada data *training*.
9. Mendapatkan model GSTARX-OLS pada setiap pembobot.
10. Menguji signifikansi parameter model GSTARX-OLS pada setiap pembobot.
11. Melakukan uji kelayakan model yang ditelah didapatkan pada setiap pembobot dengan menggunakan uji Ljung Box Test..
12. Menghitung nilai RMSE hasil pemodelan GSTARX pada setiap pembobot untuk mendapatkan model terbaik.
13. Melakukan peramalan GSTARX untuk data inflasi 6 kota SBH di Jawa Tengah.

HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN

Statistika Deskriptif

Inflasi di Jawa Tengah dihasilkan dari Survei Biaya Hidup (SBH, dimana Inflasi di Jawa Tengah dihitung berdasarkan agregasi enam kota di Jawa Tengah, yaitu Cilacap, Purwokerto, Kudus, Surakarta, Semarang, dan Tegal. Inflasi yang digunakan adalah inflasi bulanan dari bulan Januari 2010 sampai dengan Desember 2018. Rata-rata inflasi di Cilacap sebesar 0.5026 persen dan memiliki nilai standar deviasi sebesar 0.7066 persen. Rata-rata inflasi di Tegal sebesar 0.4821 persen dan memiliki nilai standar deviasi sebesar 0.7929 persen. Inflasi di Surakarta memiliki rata-rata sebesar 0.3788 persen dan memiliki nilai standar deviasi sebesar 0.7362 persen. Sementara inflasi di Kudus memiliki rata-rata sebesar 0.4844 persen dan memiliki nilai standar deviasi sebesar 0.7524. Sedangkan di Purwokerto memiliki rata-rata inflasi sebesar 0.4251 dan memiliki standar deviasi sebesar 0.6330. sementara itu di Senarang memiliki rata-rata inflasi sebesar 0.4281 dan memiliki nilai standar deviasi sebesar 0.6739.

Penentuan Variasi Kalender

Variasi Kalender yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi kalender hari raya idul fitri. Penentuan hari Raya Idul Fitri berdasarkan kalender Nasional dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2019. Variasi kalender atau variabel eksogen yang digunakan ada dua, yaitu variasi kalender pertama adalah inflasi di bulan yang sama dengan hari raya idul fitri dan variasi kalender kedua adalah inflasi satu bulan sebelum hari raya idul fitri.

Uji Stasioneritas

Hasil uji ADF dijelaskan pada Tabel 3. berikut :

Tabel 3. Uji ADF

Kota	*p-value*	α	Keterangan
Cilacap	0.010		Stasioner
Surakarta	0.010		Stasioner
Tegal	0.018	0.05	Stasioner
Semarang	0.010		Stasioner
Kudus	0.010		Stasioner
Purwokerto	0.010		Stasioner

Berdasarkan Tabel 3. diatas bahwa data inflasi enam kota SBH di Jawa Tengah sudah stasioner. Hal ini dibuktikan dengan nilai p-value dari masing-masing kota yaitu Cilacap, Surakarta, Tegal, Semarang, Kudus dan Purwokerto memiliki nilai p-value < 0.05 yang artinya H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan data inflasi enam kota SBH di Jawa Tengah yaitu Cilacap, Surakarta, Tegal, Semarang, Kudus, dan Purwokerto tidak mengandung *unit root* atau dalam arti lain data sudah stasioner.

Identifikasi Orde Model GSTARX

Setelah data inflasi enam kota SBH di Jawa tengah tidak mengandung *unit root* atau dalam artian data sudah stasioner, langkah selanjutnya adalah menentukan orde GSTARX baik orde spasial maupun waktunya. Menurut Wutsqa (2010) pemilihan orde spasial model GSTARX pada umumnya dibatasi orde 1, karena jika menggunakan orde yang lebih tinggi akan sulit untuk diintepreasikan. Sehingga, untuk orde spasial dibatasi pada orde spasial 1 (λ_p = 1). Sedangkan untuk orde waktu dapat ditentukan dengan melihat nilai *Akaike Information Criterion* (AIC). Pemilihan orde waktu terbaik pada model GSTARX dapat dilakukan dengan pendekatan model VAR-X, dimana penetapan orde waktu optimal ditentukan berdasarkan nilai AIC terkecil dengan menyertakan variabel X pada saat pendekatan model VAR dilakukan. Sesuai dengan penentuan variasi kalender diawal, maka pemodelan GSTARX ada dua, yaitu GSTARX dengan variasi kalender pertama dan GSTARX dengan variasi kalender kedua. Nilai AIC untuk variasi kalender pertama ditampilkan dalam Tabel 4. sedangkan nialai AIC untuk variasi kalender kedua ditampilkan dalam Tabel 5. sebagai berikut :

Tabel 4. Nilai AIC Variasi Kalender Pertama

THE VARMAX Procedur
Minimum Information Criterion

Lag	MA 0	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4	MA 5
AR 0	-6.30	-5.57	-5.40	-4.51	-3.79	-2.52
AR 1	-6.76	-5.94	-5.62	-4.72	-3.96	-2.50
AR 2	-6.94	-5.86	-4.87	-3.70	-2.27	-0.12
AR 3	-6.36	-5.07	-3.86	-2.22	-0.08	2.95
AR 4	-5.60	-4.00	-2.22	0.08	3.16	7.58
AR 5	-4.14	-2.47	0.04	3.23	7.07	13.53
AR 6	-2.47	0.68	4.20	8.79	15.25	26.35
AR 7	0.31	4.54	10.33	17.69	29.33	52.11
AR 8	3.53	9.55	18.38	32.59	57.41	123.97
AR 9	8.20	17.50	32.70	62.10	142.95	1354.29

Berdasarkan Tabel 4. didapatkan nilai AIC terkecil terletak pada AR(2) dan MA(0). Sehingga dapat disimpulkan pada tahap identifikasi orde waktu didapatkan orde waktu p=2. Sebelumnya sudah didapatkan orde spasial = 1. Maka model GSTARX dengan variasi kalender pertama yang terbentuk adalah GSTARX(2,1).

Tabel 5. Nilai AIC Variasi Kalender Kedua

THE VARMAX Procedur
Minimum Information Criterion

Lag	MA 0	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4	MA 5
AR 0	-8.82	-8.55	-8.76	-8.46	-8.54	-8.44
AR 1	-9.56	-9.36	-9.36	-9.36	-9.47	-9.45
AR 2	-10.21	-9.84	-9.64	-9.36	-9.25	-8.92
AR 3	-10.15	-9.74	-9.51	-9.04	-8.83	-8.32

THE VARMAX Procedur						
Minimum Information Criterion						
Lag	MA 0	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4	MA 5
AR 4	-10.04	-9.57	-9.24	-8.63	-8.05	-7.56
AR 5	-9.81	-9.40	-8.82	-8.07	-7.53	-6.70
AR 6	-9.46	-8.48	-7.79	-6.95	-6.21	-5.16
AR 7	-8.91	-7.80	-6.56	-5.54	-4.61	-3.34
AR 8	-8.30	-7.04	-5.61	-3.99	-2.80	-1.17
AR 9	-7.71	-6.27	-4.63	-2.73	-0.53	1.55

Berdasarkan Tabel 5. didapatkan nilai AIC terkecil terletak pada AR(2) dan MA(0). Sehingga dapat disimpulkan pada tahap identifikasi orde waktu didapatkan orde waktu p=2. Sebelumnya sudah didapatkan orde spasial = 1. Maka model GSTARX dengan variasi kalender kedua yang terbentuk adalah GSTARX(2,1).

Bobot Lokasi GSTARX

1. **Bobot Lokasi Seragam**

   Bobot lokasi seragam dalam pemodelan GSTARX mengasumsikan bahwa inflasi enam kota SBH di Jawa Tengah pada suatu lokasi memiliki pengaruh yang sama terhadap inflasi enam kotas SBH di Jawa Tengah di lokasi-lokasi lainnya. Matriks bobot seragam yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

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

2. **Bobot Invers Jarak**

   Pemodelan GSTARX dengan bobot lokasi invers jarak menggunakan pendekatan jarak tempuh transportasi darat antar ibukota Kabupaten/Kota (D). Matriks jarak lokasi antar lokasi yang dibuat sebagai berikut :

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 264 & 186 & 282 & 302 & 61 \\ 264 & 0 & 267 & 102 & 153 & 223 \\ 186 & 267 & 0 & 165 & 216 & 114 \\ 282 & 102 & 165 & 0 & 51 & 221 \\ 302 & 153 & 216 & 51 & 0 & 262 \\ 61 & 224 & 114 & 221 & 262 & 0 \end{bmatrix}$$

Pemodelan GSTARX dengan menggunakan bobot lokasi invers jarak mengasumsikan bahwa data inflasi kota SBH di Jawa tengah suatu lokasi dipengaruhi oleh jarak lokasi tersebut dengan lokasi lainnya. Jarak antar lokasi yang lebih jauh cenderung memiliki bobot yang lebih rendah dibandingkan jarak antar lokasi yang lebih dekat. Berdasarkan hasil normalisasi jarak antar lokasi diperoleh bobot invers jarak sebegai berikut :

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

Estimasi Parameter Model GSTARX(2,1) dengan Variasi Kalender Pertama

Perhitungan estimasi parameter model GSTARX (2,1) menggunakan bobot seragam dengan variasi kalender pertama dapat dilihat pada Tabel 6. sementara untuk bobot invers jarak dapat dilihat pada Tabel 7. berikut :

Tabel 6. Estimasi Parameter Model GSTARX dengan variasi kalender pertama dengan bobot lokasi seragam

Lokasi	Parameter	Estimasi	*p-value*	Keterangan
Cilacap	$\emptyset_{10}^{(1)}$	0.0637	0.7589	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{11}^{(1)}$	0.4543	0.0406	Signifikan
	$\gamma_1^{(1)}$	0.7093	0.0008	Signifikan
Surakarta	$\emptyset_{10}^{(2)}$	-0.0974	0.5978	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{11}^{(2)}$	0.5293	0.0053	Signifikan
	$\gamma_1^{(2)}$	0.2982	0.1601	Tidak Signifikan
Tegal	$\emptyset_{10}^{(3)}$	0.6617	0.0000	Signifikan
	$\emptyset_{11}^{(3)}$	-0.1366	0.4196	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(3)}$	0.7332	0.0006	Signifikan
Semarang	$\emptyset_{10}^{(4)}$	0.0623	0.8341	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{11}^{(4)}$	0.3623	0.2122	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(4)}$	0.5681	0.0070	Signifikan
Kudus	$\emptyset_{10}^{(5)}$	-0.1368	0.6312	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{11}^{(5)}$	0.7140	0.0259	Signifikan

Lokasi	Parameter	Estimasi	*p-value*	Keterangan
Purwokerto	$\gamma_1^{(1)}$	0.5013	0.0168	Signifikan
	$\phi_{10}^{(6)}$	-0.0743	0.7786	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(6)}$	0.4962	0.0419	Signifikan
	$\gamma_1^{(6)}$	0.5750	0.0061	Signifikan

Dari tabel 6. diatas dapat dijabarkan model GSTARX untuk masing-masing lokasi, yaitu Cilacap, Surakarta, Tegal, Semarang, Kudus, dan Purwokerto dengan persamaan GSTARX(2,1) untuk keenam lokasi sebagai berikut :

1. Cilacap
   $Z_1(t) = 1.0637Z_1(t-1) - 0.0637Z_1(t-2) + 0.9089Z_2(t-1) - 0.9089Z_2(t-2) + 0.9089Z_3(t-1) - 0.9089Z_3(t-2) + 0.9089Z_4(t-1) - 0.9089Z_4(t-2) + 0.9089Z_5(t-1) - 0.9089Z_5(t-2) + 0.9089Z_6(t-1) - 0.9089Z_6(t-2) + 0.4543X_1(t) + e_1(t)$
2. Surakarta
   $Z_2(t) = 0.9026Z_2(t-1) + 0.0974Z_2(t-2) + 0.1059Z_1(t-1) - 0.1059Z_1(t-2) + 0.1059Z_3(t-1) - 0.1059Z_3(t-2) + 0.1059_4(t-1) - 0.1059Z_4(t-2) + 0.1059Z_5(t-1) - 0.1059Z_5(t-2) + 0.1059Z_6(t-1) - 0.1059Z_6(t-2) + 00.5293X_2(t) + e_2(t)$
3. Tegal
   $Z_3(t) = 1.6617Z_3(t-1) - 0.06617Z_3(t-2) - 0.0273Z_1(t-1) + 0.0273Z_1(t-2) - 0.0273Z_2(t-1) + 0.0273Z_2(t-2) - 0.0273_4(t-1) + 0.0273Z_4(t-2) - 0.0273Z_5(t-1) + 0.0273Z_5(t-2) - 0.0273Z_6(t-1) + 0.0273Z_6(t-2) - 0.1366X_3(t) + e_3(t)$
4. Semarang
   $Z_4(t) = 1.0623Z_4(t-1) - 0.0725Z_4(t-2) + 0.0725Z_1(t-1) - 0.0725Z_1(t-2) + 0.0725Z_2(t-1) - 0.0725Z_2(t-2) + 0.0725Z_3(t-1) - 0.0725Z_3(t-2) + 0.0725Z_5(t-1) - 0.0725Z_5(t-2) + 0.0725Z_6(t-1) - 0.0725Z_6(t-2) + 0.5681X_4(t) + e_4(t)$
5. Kudus
   $Z_5(t) = 0.8632Z_5(t-1) + 0.8632Z_5(t-2) + 0.1428Z_1(t-1) - 0.1428Z_1(t-2) + 0.1428Z_2(t-1) - 0.1428Z_2(t-2) + 0.1428Z_3(t-1) - 0.1428Z_3(t-2) + 0.1428Z_4(t-1) - 0.1428Z_4(t-2) + 0.1428Z_6(t-1) - 0.1428Z_6(t-2) + 0.5013X_5(t) + e_5(t)$
6. Purwokerto
   $Z_6(t) = 0.9257Z_6(t-1) + 0.0743Z_6(t-2) + 0.0992Z_1(t-1) - 0.0992Z_1(t-2) + 0.0992Z_2(t-1) - 0.0992Z_2(t-2) + 0.0992Z_3(t-1) - 0.0992Z_3(t-2) + 0.0992Z_4(t-1) - 0.0992Z_4(t-2) + 0.0992Z_5(t-1) - 0.0992Z_5(t-2) + 0.5750X_6(t) + e_6(t)$

Persamaan yang terbentuk dari model GSTARX (2,1) dengan variasi kalender pertama menggunakan bobot lokasi seragam, untuk data inflasi disetiap lokasi dapat diketahui ada yang berpengaruh maupun tidak berpengaruh oleh inflasi dilokasi tersebut atau dari lokasi lain diwaktu yang berbeda. Begitupun inflasi disuatu lokasi ada yang dipengaruhi variasi kalender pertama yakni inflasi di bulan yang sama dengan hari raya idul fitri, ada juga yang tidak dipengaruhi. Misalnya, diketahui bahwa inflasi di Cilacap tidak dipengaruhi oleh inflasi di Cilacap itu sendiri satu atau dua waktu sebelumnya, tetapi dipengaruhi oleh inflasi di lokasi lainnya (Surakarta, Tegal, Semarang, Kudus, dan Purwokerto) satu atau dua waktu sebelumnya dan juga dipengaruhi oleh inflasi di bulan yang sama dengan hari raya idul fitri.

Tabel 7. Estimasi Parameter Model GSTARX dengan variasi kalender pertama dengan bobot lokasi invers jarak

Lokasi	Parameter	Estimasi	*p-value*	Keterangan
Cilacap	$\phi_{10}^{(1)}$	0.0387	0.8544	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(1)}$	0.4941	0.0335	Signifikan
	$\gamma_1^{(1)}$	0.7070	0.0008	Signifikan
Surakarta	$\phi_{10}^{(2)}$	-0.1305	0.5074	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(2)}$	0.5615	0.0057	Signifikan
	$\gamma_1^{(2)}$	0.2915	0.1716	Tidak Signifikan
Tegal	$\phi_{10}^{(3)}$	0.6645	0.0000	Signifikan
	$\phi_{11}^{(3)}$	-0.1426	0.4119	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(3)}$	0.7326	0.0006	Signifikan
Semarang	$\phi_{10}^{(4)}$	0.1504	0.6263	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(4)}$	0.2659	0.3662	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(4)}$	0.565	0.00	Signifikan

Lokasi	Parameter	Estimasi	*p-value*	Keterangan
		9	74	
Kudus	$\phi_{10}^{(5)}$	0.0721	0.7972	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(5)}$	0.4763	0.1328	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(1)}$	0.5002	0.0174	Signifikan
Purwokerto	$\phi_{10}^{(6)}$	-0.0649	0.8039	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(6)}$	0.4812	0.0442	Signifikan
	$\gamma_1^{(6)}$	0.5699	0.0068	Signifikan

Dari tabel 7. diatas dapat dijabarkan model GSTARX untuk masing-masing lokasi, yaitu Cilacap, Surakarta, Tegal, Semarang, Kudus, dan Purwokerto dengan persamaan GSTARX(2,1) untuk keenam lokasi sebagai berikut :

1. Cilacap
   $Z_1(t) = 1.0387Z_1(t-1) - 0.0387Z_1(t-2) + 0.577Z_2(t-1) - 0.0577Z_2(t-2) + 0.0820Z_3(t-1) - 0.0820Z_3(t-2) + 0.0541Z_4(t-1) - 0.0541Z_4(t-2) + 0.0505Z_5(t-1) - 0.0505Z_5(t-2) + 0.2499Z_6(t-1) - 0.2499Z_6(t-2) + 0.7070X_1(t) + e_1(t)$
2. Surakarta
   $Z_2(t) = 0.8695Z_2(t-1) + 0.1305Z_2(t-2) + 0.0750Z_1(t-1) - 0.0750Z_1(t-2) + 0.0742Z_3(t-1) - 0.0742Z_3(t-2) + 0.1942_4(t-1) - 0.1942Z_4(t-2) + 0.1295Z_5(t-1) - 0.1295Z_5(t-2) + 0.0885Z_6(t-1) - 0.0885Z_6(t-2) + 0.2915X_2(t) + e_2(t)$
3. Tegal
   $Z_3(t) = 1.6645Z_3(t-1) - 0.06645Z_3(t-2) - 0.0268Z_1(t-1) + 0.0268Z_1(t-2) - 0.0187Z_2(t-1) + 0.0187Z_2(t-2) - 0.0302_4(t-1) + 0.0301Z_4(t-2) - 0.0231Z_5(t-1) + 0.0231Z_5(t-2) - 0.0438Z_6(t-1) + 0.0438Z_6(t-2) - 0.7326X_3(t) + e_3(t)$
4. Semarang
   $Z_4(t) = 1.1504Z_4(t-1) - 0.1504Z_4(t-2) + 0.0217Z_1(t-1) - 0.0217Z_1(t-2) + 0.0599Z_2(t-1) - 0.0599Z_2(t-2) + 0.0370_3(t-1) - 0.0370Z_3(t-2) + 0.1197Z_5(t-1) - 0.1197Z_5(t-2) + 0.0276Z_6(t-1) - 0.0276Z_6(t-2) + 0.5659X_4(t) + e_4(t)$
5. Kudus
   $Z_5(t) = 1.0721Z_5(t-1) - 0.0721Z_5(t-2) + 0.0416Z_1(t-1) - 0.0416Z_1(t-2) + 0.0821Z_2(t-1) - 0.0821Z_2(t-2) + 0.0582Z_3(t-1) - 0.0582Z_3(t-2) + 0.2464Z_4(t-1) - 0.2464Z_4(t-2) + 0.0480Z_6(t-1) - 0.0480Z_6(t-2) + 0.5002X_5(t) + e_5(t)$
6. Purwokerto
   $Z_6(t) = 0.9351Z_6(t-1) + 0.0649Z_6(t-2) + 0.2078Z_1(t-1) - 0.2078Z_1(t-2) + 0.0566Z_2(t-1) - 0.0566Z_2(t-2) + 0.1112Z_3(t-1) - 0.1112Z_3(t-2) + 0.0573Z_4(t-1) - 0.0573Z_4(t-2) + 0.0484Z_5(t-1) - 0.0484Z_5(t-2) + 0.5699X_6(t) + e_6(t)$

Persamaan yang terbentuk dari model GSTARX (2,1) dengan variasi kalender pertama menggunakan bobot lokasi invers jarak, untuk data inflasi disetiap lokasi dapat diketahui ada yang berpengaruh maupun tidak berpengaruh oleh inflasi dilokasi tersebut atau dari lokasi lain diwaktu yang berbeda. Begitupun inflasi disuatu lokasi ada yang dipengaruhi variasi kalender pertama yakni inflasi di bulan yang sama dengan hari raya idul fitri, ada juga yang tidak dipengaruhi. Misalnya, diketahui bahwa inflasi di Purwokerto tidak dipengaruhi oleh inflasi di Purwokerto itu sendiri satu atau dua waktu sebelumnya, tetapi dipengaruhi oleh inflasi di lokasi lainnya (Surakarta, Tegal, Semarang, Kudus, dan Cilacap) satu atau dua waktu sebelumnya dan juga dipengaruhi oleh inflasi di bulan yang sama dengan hari raya idul fitri.

Estimasi Parameter Model GSTARX(2,1) dengan Variasi Kalender Kedua

Perhitungan estimasi parameter model GSTARX (2,1) menggunakan bobot seragam dengan variasi kalender kedua dapat dilihat pada Tabel 8. sementara untuk bobot invers jarak dapat dilihat pada Tabel 9. berikut :

Tabel 8. Estimasi Parameter Model GSTARX dengan variasi kalender kedua dengan bobot lokasi seragam

Lokasi	Parameter	Estimasi	*p-value*	Keterangan
Cilacap	$\phi_{10}^{(1)}$	-0.0641	0.7648	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(1)}$	0.5189	0.0221	Signifikan
	$\gamma_1^{(1)}$	0.4869	0.0308	Signifikan
Surakarta	$\phi_{10}^{(2)}$	-0.0706	0.7125	Tidak Signifikan

Lokasi	Parameter	Estimasi	*p-value*	Keterangan
	$\emptyset_{11}^{(2)}$	0.4518	0.0257	Signifikan
	$\gamma_1^{(2)}$	0.2542	0.2714	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{10}^{(3)}$	0.7512	0.0000	Signifikan
Tegal	$\emptyset_{11}^{(3)}$	-0.2365	0.1697	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(3)}$	-0.0699	0.7597	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{10}^{(4)}$	0.1349	0.6562	Tidak Signifikan
Semarang	$\emptyset_{11}^{(4)}$	0.2281	0.4426	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(4)}$	0.4398	0.0443	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{10}^{(5)}$	-0.0682	0.8206	Tidak Signifikan
Kudus	$\emptyset_{11}^{(5)}$	0.0590	0.0868	Signifikan
	$\gamma_1^{(1)}$	0.2682	0.2462	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{10}^{(6)}$	-0.1446	0.5948	Tidak Signifikan
Purwokerto	$\emptyset_{11}^{(6)}$	0.5156	0.0387	Signifikan
	$\gamma_1^{(6)}$	0.2503	0.2644	Tidak Signifikan

Dari tabel 8. diatas dapat dijabarkan model GSTARX untuk masing-masing lokasi, yaitu Cilacap, Surakarta, Tegal, Semarang, Kudus, dan Purwokerto dengan persamaan GSTARX(2,1) untuk keenam lokasi sebagai berikut :

1. Cilacap
   $Z_1(t) = 0.9359Z_1(t-1) + 0.0641Z_1(t-2) + 0.1038Z_2(t-1) - 0.1038Z_2(t-2) + 0.1038Z_3(t-1) - 0.1038Z_3(t-2) + 0.1038Z_4(t-1) - 0.1038Z_4(t-2) + 0.1038Z_5(t-1) - 0.1038Z_5(t-2) + 0.1038Z_6(t-1) - 0.1038Z_6(t-2) + 0.4869X_1(t) + e_1(t)$
2. Surakarta
   $Z_2(t) = 0.9294Z_2(t-1) + 0.0706Z_2(t-2) + 0.0904Z_1(t-1) - 0.0904Z_1(t-2) + 0.0904Z_3(t-1) - 0.0904Z_3(t-2) + 0.0904_4(t-1) - 0.0904Z_4(t-2) + 0.0904Z_5(t-1) - 0.0904Z_5(t-2) + 0.0904Z_6(t-1) - 0.0904Z_6(t-2) + 0.2524X_2(t) + e_2(t)$
3. Tegal
   $Z_3(t) = 1.7512Z_3(t-1) - 0.7512Z_3(t-2) - 0.0473Z_1(t-1) + 0.0473Z_1(t-2) - 0.0473Z_2(t-1) + 0.0473Z_2(t-2) - 0.0473_4(t-1) + 0.0473Z_4(t-2) - 0.0473Z_5(t-1) + 0.0473Z_5(t-2) - 0.0473Z_6(t-1) + 0.0473Z_6(t-2) - 0.0699X_3(t) + e_3(t)$
4. Semarang
   $Z_4(t) = 1.1349Z_4(t-1) - 0.1349Z_4(t-2) + 0.0456Z_1(t-1) - 0.0456Z_1(t-2) + 0.0456Z_2(t-1) - 0.0456Z_2(t-2) + 0.0456Z_3(t-1) - 0.0456Z_3(t-2) + 0.0456Z_5(t-1) - 0.0456Z_5(t-2) + 0.0456Z_6(t-1) - 0.0456Z_6(t-2) + 0.4398X_4(t) + e_4(t)$
5. Kudus
   $Z_5(t) = 0.9318Z_5(t-1) + 0.0682Z_5(t-2) + 0.0118Z_1(t-1) - 0.0118Z_1(t-2) + 0.0118Z_2(t-1) - 0.0118Z_2(t-2) + 0.0118Z_3(t-1) - 0.0118Z_3(t-2) + 0.0118Z_4(t-1) - 0.0118Z_4(t-2) + 0.0118Z_6(t-1) - 0.0118Z_6(t-2) + 0.2682X_5(t) + e_5(t)$
6. Purwokerto
   $Z_6(t) = 0.8554Z_6(t-1) + 0.1446Z_6(t-2) + 0.1031Z_1(t-1) - 0.1031Z_1(t-2) + 0.1031Z_2(t-1) - 0.1031Z_2(t-2) + 0.1031Z_3(t-1) - 0.1031Z_3(t-2) + 0.1031Z_4(t-1) - 0.1031Z_4(t-2) + 0.1031Z_5(t-1) - 0.1031Z_5(t-2) + 0.2503X_6(t) + e_6(t)$

Persamaan yang terbentuk dari model GSTARX (2,1) dengan variasi kalender kedua menggunakan bobot lokasi seragam, untuk data inflasi disetiap lokasi dapat diketahui ada yang berpengaruh maupun tidak berpengaruh oleh inflasi dilokasi tersebut atau dari lokasi lain diwaktu yang berbeda. Begitupun inflasi disuatu lokasi ada yang dipengaruhi variasi kalender kedua yakni inflasi satu bulan sebelum hari raya idul fitri, ada juga yang tidak dipengaruhi. Misalnya, diketahui bahwa inflasi di Surakarta tidak dipengaruhi oleh inflasi di Surakarta itu sendiri satu atau dua waktu sebelumnya, tetapi dipengaruhi oleh inflasi di lokasi lainnya (Cilacap, Tegal, Semarang, Kudus, dan Purwokerto) satu atau dua waktu sebelumnya dan tidak dipengaruhi oleh inflasi satu bulan sebelum hari raya idul fitri.

Tabel 9. Estimasi Parameter Model GSTARX dengan variasi kalender kedua dengan bobot lokasi invers jarak

Lokasi	Parameter	Estimasi	*p-value*	Keterangan
Cilacap	$\emptyset_{10}^{(1)}$	-0.062	0.7741	Tidak Signifikan

Lokasi	Parameter	Estimasi	*p-value*	Keterangan
		2		
Surakarta	$\phi_{11}^{(1)}$	0.5334	0.0246	Signifikan
	$\gamma_1^{(1)}$	0.4643	0.0398	Signifikan
	$\phi_{10}^{(2)}$	-0.1027	0.6139	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(2)}$	0.4939	0.0247	Signifikan
	$\gamma_1^{(2)}$	0.2602	0.2589	Tidak Signifikan
Tegal	$\phi_{10}^{(3)}$	0.7519	0.0000	Signifikan
	$\phi_{11}^{(3)}$	-0.2402	0.1739	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(3)}$	-0.0636	0.7806	Tidak Signifikan
Semarang	$\phi_{10}^{(4)}$	0.1648	0.6018	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(4)}$	0.1912	0.5234	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(4)}$	0.4580	0.0406	Signifikan
Kudus	$\phi_{10}^{(5)}$	0.1129	0.6989	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(5)}$	0.3787	0.2575	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(1)}$	0.3259	0.1526	Tidak Signifikan
Purwokerto	$\phi_{10}^{(6)}$	-0.1071	0.6887	Tidak Signifikan
	$\phi_{11}^{(6)}$	0.4787	0.0507	Tidak Signifikan
	$\gamma_1^{(6)}$	0.2169	0.3357	Tidak Signifikan

Dari tabel 9. diatas dapat dijabarkan model GSTARX untuk masing-masing lokasi, yaitu Cilacap, Surakarta, Tegal, Semarang, Kudus, dan Purwokerto dengan persamaan GSTARX(2,1) untuk keenam lokasi sebagai berikut :

1. Cilacap
   $Z_1(t) = 0.9278Z_1(t-1) + 0.0622Z_1(t-2) + 0.0623Z_2(t-1) - 0.0623Z_2(t-2) + 0.0885Z_3(t-1) - 0.0885Z_3(t-2) + 0.0584Z_4(t-1) - 0.0584Z_4(t-2) + 0.0545Z_5(t-1) - 0.0545Z_5(t-2) + 0.2698Z_6(t-1) - 0.2698_6(t-2) + 0.4643X_1(t) + e_1(t)$
2. Surakarta
   $Z_2(t) = 0.8973Z_2(t-1) + 0.1027Z_2(t-2) + 0.0660Z_1(t-1) - 0.0660Z_1(t-2) + 0.0653Z_3(t-1) - 0.0653Z_3(t-2) + 0.1709_4(t-1) - 0.1709Z_4(t-2) + 0.1139Z_5(t-1) - 0.1139Z_5(t-2) + 0.0778Z_6(t-1) - 0.0778Z_6(t-2) + 0.2602X_2(t) + e_2(t)$
3. Tegal
   $Z_3(t) = 1.7519Z_3(t-1) - 0.7519Z_3(t-2) - 0.0452Z_1(t-1) + 0.0452Z_1(t-2) - 0.0315Z_2(t-1) + 0.0315Z_2(t-2) - 0.0509_4(t-1) + 0.0509Z_4(t-2) - 0.0389Z_5(t-1) + 0.0389Z_5(t-2) - 0.0737Z_6(t-1) + 0.0737Z_6(t-2) - 0.0603X_3(t) + e_3(t)$
4. Semarang
   $Z_4(t) = 1.1648Z_4(t-1) - 0.1648Z_4(t-2) + 0.0156Z_1(t-1) - 0.0156Z_1(t-2) + 0.0431Z_2(t-1) - 0.0431Z_2(t-2) + 0.0266Z_3(t-1) - 0.0266Z_3(t-2) + 0.0861Z_5(t-1) - 0.0861Z_5(t-2) + 0.0199Z_6(t-1) - 0.0199Z_6(t-2) + 0.4580Z_4(t) + e_4(t)$
5. Kudus
   $Z_5(t) = 1.1129Z_5(t-1) - 0.1129Z_5(t-2) + 0.0331Z_1(t-1) - 0.0331Z_1(t-2) + 0.0653Z_2(t-1) - 0.0653Z_2(t-2) + 0.0463Z_3(t-1) - 0.0463Z_3(t-2) + 0.1959Z_4(t-1) - 0.1959Z_4(t-2) + 0.0381Z_6(t-1) - 0.0381Z_6(t-2) + 0.3259X_5(t) + e_5(t)$
6. Purwokerto
   $Z_6(t) = 0.8929Z_6(t-1) + 0.1071Z_6(t-2) + 0.2067Z_1(t-1) - 0.2067Z_1(t-2) + 0.0563Z_2(t-1) - 0.0563Z_2(t-2) + 0.1106Z_3(t-1) - 0.1106Z_3(t-2) + 0.0570Z_4(t-1) - 0.0570Z_4(t-2) + 0.0481Z_5(t-1) - 0.0481Z_5(t-2) + 0.2169X_6(t) + e_6(t)$

Persamaan yang terbentuk dari model GSTARX (2,1) dengan variasi kalender pertama menggunakan bobot lokasi invers jarak, untuk data inflasi disetiap lokasi dapat diketahui ada yang berpengaruh maupun tidak berpengaruh oleh inflasi dilokasi tersebut atau dari lokasi lain diwaktu yang berbeda. Begitupun inflasi disuatu lokasi ada yang dipengaruhi variasi kalender pertama yakni inflasi di bulan yang sama dengan hari raya idul fitri, ada juga yang tidak dipengaruhi. Misalnya, diketahui bahwa inflasi di Cilacap tidak dipengaruhi oleh inflasi di Cilacap itu sendiri satu atau dua waktu sebelumnya, tetapi dipengaruhi oleh inflasi di lokasi lainnya (Surakarta, Tegal, Semarang, Kudus, dan Purwokerto) satu atau dua waktu sebelumnya dan juga dipengaruhi oleh inflasi satu bulan sebelum hari raya idul fitri.

Uji Kelayakan Model GSTARX

Setelah mendapatkan parameter dan model untuk masing-masing variasi kalender dan lokasi, maka langkah selanjutnya adalah pengujian asumsi apakah galat atau resiudal memenuhi asumsi *white noise*. Untuk menguji asumsi residual memenuhi *white noise* digunakan uji *Ljung-Box* dengan hasil yang tersaji pada Tabel 10. sebagai berikut :

Tabel 10. Hasil Uji *White Noise* dengan *Ljung-Box*.

Model GSTARX	Bobot	P-Value	α	Keterangan
Variasi Kalender 1	Seragam	0,0503	0,05	*White Noise*
	Invers Jarak	0,0706		*White Noise*
Variasi Kalender 1	Seragam	0,0109		Tidak *White Noise*
	Invers Jarak	0,0138		Tidak *White Noise*

Berdasarkan Tabel 10 diatas dapat disimpulkan bahwa semua nilai *p-value* Ljung-Box *Test* lebih besar dari α=0,05 artinya bahwa residual dalam model telah memenuhi asumsi *white noise* sehingga layak digunakan untuk peramalan. Sementara untuk model GSTARX dengan variasi kalender kedua nilai *p-value* Ljung-Box *Test* lebih kecil dari α = 0.05 artinya bahwa residual dalam model tidak memenuhi asumsi *white noise* .

Pemilihan Model Terbaik

Setelah memperoleh pemodelan GSTARX dan pengujian kelayakan model selanjutnya dilakukan penghitungan akurasi pemodalan untuk mendapatkan model terbaik. Akurasi pemodelan dilakukan dengan melihat nilai RMSE terkecil, dimana model dengan nilai RMSE terkecil itu dinyatakan sebagai model terbaik. Nilai RMSE setiap model tersaji pada Tabel 11. sebagai berikut :

Tabel. 11. Nilai RMSE model GSTARX(2,1)

Model GSTARX		RMSE Model	RMSE Rata-Rata
Variasi Kalender 1	**Seragam**	**0.6108**	**0.7040**
	Invers Jarak	0.6124	0.7042
Variasi Kalender 2	Seragam	0.6252	0.7048
	Invers Jarak	0.6264	0.7050

Keterangan : 1) Cilacap; 2) Surakarta; 3)Tegal; 4) Semarang; 5) Kudus; 6) Purwokerto

Berdasarkan Tabel. 10. secara umum nilai RMSE model GSTARX dengan variasi kalender pertama pada bobot lokasi seragam memiliki nilai RMSE terkecil yakni 0.6108. Begitu pula dengan nilai rata-rata RMSE setiap kota model GSTARX dengan variasi kalender pertama pada bobot lokasi seragam juga memiliki nilai RMSE terkecil yaitu sebesar 0.7040. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Model GSTARX(2,1) dengan variasi kalender pertama menggunakan bobot lokasi seragam merupakan model terbaik.

Peramalan Model GSTARX Terbaik

Selanjutnya adalah memperoleh hasil prediksi dari model GSTARX terbaik yaitu model GSTARX(2,1) dengan variasi kalender pertama menggunakan bobot lokasi seragam untuk satu tahun kedepan. Hasil prediksi inflasi di enam kotas untuk satu tahun kedepan yakni dari bulan Januari sampai dengan Desember 2020 tersaji pada Tabel. 11. sebagai berikut:

Tabel. 11. Hasil Prediksi Inflasi

	Inflasi (%) Tahun 2020		
Bulan	Cilacap	Surakarta	Tegal
Januari	0.36	0.34	0.25
Februari	0.01	0	0.06
Maret	0.26	0.23	0.22
April	0.27	0.26	0.19
Mei	0.68	0.52	0.94
Juni	0.89	0.79	0.53
Juli	0.44	0.47	0.46
Agustus	1.3	0.88	1.66
September	0.22	0.22	0.21
Oktober	0.48	0.45	0.55
November	0.73	0.51	0.76
Desember	0.52	0.58	0.49

Inflasi (%) Tahun 2020

Bulan	Inflasi (%) Tahun 2020		
	Semarang	Kudus	Purwokerto
Januari	0.33	0.4	0.31
Februari	0.03	-0.06	0.03
Maret	0.24	0.24	0.26
April	0.26	0.26	0.24
Mei	0.58	0.7	0.57
Juni	0.76	0.91	0.79
Juli	0.4	0.46	0.38
Agustus	1.07	1.03	1.15
September	0.22	0.32	0.19
Oktober	0.43	0.51	0.43
November	0.64	0.76	0.73
Desember	0.48	0.61	0.48

Berdasarkan Tabel. 11 diatas, didapatkan bahwa inflasi tertinggi dari setiap kota akan terjadi di bulan Agustus 2020 sementara inflasi terendah akan terjadi pada bulan Februari 2020. Begitupun dengan model yang didapatkan bahwa inflasi dari enam kota tersebut dipengaruhi oleh inflasi di bulan yang sama dengan hari raya idul fitri, dimana hari raya idul fitri tahun 2020 akan jatuh pada bulan Mei yang juga bertepatan dengan naiknya inflasi di bulan Mei dari bulan sebelumnya. Begitupun inflasi di bulan Juni masih tinggi, ini kemungkinan bisa disebabkan karena hari raya idul fitri terjadi di akhir bulan Mei sehingga harga-harga di bulan Juni masih belum stabil.

SIMPULAN dan SARAN

Simpulan

Berdasarkan nilai RMSE yang didapatkan, model GSTARX(2,1) dengan variasi kalender pertama menggunakan bobot seragam merupakan model terbaik karena memiliki nilai RMSE terkecil yaitu 0.6108. Sedangkan untuk model GSTARX(2,1) dengan variasi kalender pertama menggunakan bobot invers jarak memiliki nilai RMSE 0.6124. begitu pula dengan model GSTARX(2,1) dengan variasi kalender kedua menggunakan bobot seragam dan invers jarak memiliki nilai RMSE masing-masing yaitu 0.6252 dan 0.6264. Hasil nilai peramalan inflasi yang didapatkan dari model terbaik yaitu model GSTARX(2,1) dengan variasi kalender pertama menggunakan bobot seragam untuk satu tahun kedepan yaitu dari bulan Januari 2020 sampai dengan Desember 2020 didapatkan bahwa inflasi tertinggi untuk setiap wilayah terjadi pada bulan Agustus 2020, sementara untuk inflasi terendah untuk setiap wilayah terjadi pada bulan Februari 2020. Inflasi tertinggi terjadi di Kota Tegal pada bula Agustus dengan inflasi sebesar 1,66%, sementara untuk deflasi terendah terjadi di Kabupaten Kudus pada bulan Februari 2020 dengan deflasi sebesar 0,06%.

Saran

Saran yang diberikan oleh peneliti untuk penelitian selanjutnya tentang pemodelan GSTARX adalah bisa mengembangkan lagi metode GSTARX dengan menggunakan variabel eksogen yang lain untuk data inflasi, karena ada variabel eksogen yang tidak signifikan di beberapa lokasi. Inflasi juga tidak hanya dipengaruhi oleh hari raya idul fitri bisa juga di pengaruhi oleh kenaikan harga BBM atau yang lainnya, sehingga peneliti mengharapkan kedepannya bisa digunakan variabel eksogen yang lain serta menambahkan bobot spatial yang digunakan karena peneliti dalam penilitian ini hanya menggunakan dua pembobot.

Daftar Pustaka

Anggraeni, W., Vinarti, R. A., & Kurniawati, Y. D. (2015). Performance Comparisons between Arima and Arimax Method in Moslem Kids Clothes Demand Forecasting: Case Study. *Procedia Computer Science*, *72*, 630–637. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.172

Badan Pusat Statistik. (2018). *Indeks Harga Konsumen dan Inflasi Provinsi Jawa Tengah Tahun 2018.*

Borovkova, S., Lopuhaä, H. P., & Ruchjana, B. N. (2008). Consistency and asymptotic normality of least squares estimators in generalized STAR models. *Statistica Neerlandica*, *62*(4), 482–508. https://doi.org/10.1111/j.1467-9574.2008.00391.x

Hapsari, R. (2017). *Pengembangan Ramalan Interval Pada Model Gstarx Untuk Peramalan Indeks Harga Konsumen Kelompok Bahan Makanan*. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember

(ITS). Surabaya.

Muryanto. (2016). *Pemodelan GSTAR-X untuk peramalan Indeks Harga Konsumen di Kalimantan. Skripsi.* Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Nurcahyani, F. (2017). *Pengelompokkan Stasiun Hujan Untuk Model GSTAR Pada Peramalan Curah Hujan di Kabupaten Jember Dengan Tiga Matriks Pembobot*.

Pfeifer, P. E., & Deutrch, S. J. (1980). A three-stage iterative procedure for space-time modeling phillip. *Technometrics*, *22*(1), 35–47. https://doi.org/10.1080/00401706.1980.10486099

Rani, S.A.P., Kusdarwati, H., dan Sumarminingsih, E. 2013. *Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR(p1)): Penerapan pada Data Kesakitan Penyakit ISPA di Kota Malang*. Malang: Universitas Brawijaya.

Ruchjana, B. N. (2019). *Pengembangan Model Spatio Temporal*. 1–19.

Subanar, S. dan Suhartono. (2006). *The Optimal Determination Of Space Weight In Gstar Model By Using Cross-Correlation Inference*. *2*(December).

Suhartono, Lee, M. H., & Hamzah, N. A. (2010). *Calendar variation model based on Time Series Regression for sales forecasts : The Ramadhan effects*. *2010*(June), 30–41.

Suhartono, Lee, M. H., & Prastyo, D. D. (2015). Two levels ARIMAX and regression models for forecasting time series data with calendar variation effects. *AIP Conference Proceedings*, *1691*. https://doi.org/10.1063/1.4937108

Wei, W. W. S. (2013). *Oxford Handbooks Online Time Series Analysis* (Vol. 2). https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199934898.013.0022