

PENERAPAN MODEL *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE-X* DALAM MERAMALKAN NILAI TUKAR PETANI SUBSEKTOR TANAMAN PANGAN DI TIGA PROVINSI PULAU JAWA MENGGUNAKAN PEMBOBOT INVERS JARAK

APPLICATION OF GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE-X MODEL ON FARMER EXCHANGE RATE FOOD CROP SUBSECTOR DATA IN THREE PROVINCES OF THE JAVA ISLAND USING INVERSE WEIGHTING OF DISTANCE

Dyah Ayu Pramesti Susilo^{1*}, Sri Sulistijowati Handajani², Etik Zukhronah³

^{1,2,3}Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No.36 Ketingan, Kota Surakarta, Indonesia
Email korespondensi: dyahayups@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Dalam pembangunan nasional, sektor pertanian dan kesejahteraan petani merupakan sektor yang harus diperhatikan karena menjadi basis pertumbuhan ekonomi. Nilai Tukar Petani (NTP) merupakan salah satu indikator dalam menentukan tingkat kesejahteraan petani. NTP dapat bervariasi di setiap daerah dan berfluktuasi seiring waktu. Peningkatan NTP mengindikasikan peningkatan kesejahteraan petani, begitu juga sebaliknya. Secara tidak langsung, NTP dipengaruhi oleh Indeks Harga Konsumen (IHK). NTP dihitung dari indeks harga yang dibayar petani. Indeks harga yang dibayar petani merupakan biaya hidup petani yang nilainya dicakup oleh IHK, sehingga naik atau turunnya harga pada IHK mempengaruhi biaya hidup petani. Model *Generalized Space Time Autoregressive-X* (GSTAR-X) adalah model pengembangan dari model GSTAR dengan menambahkan variabel eksogen. Model GSTAR-X merupakan metode yang baik untuk meramalkan data runtun waktu dan hubungan antar lokasi dengan mengasumsikan data tersebut memiliki karakteristik yang heterogen dan memiliki korelasi. Tujuan penelitian ini adalah menerapkan model GSTAR-X untuk meramalkan NTP subsektor tanaman pangan dengan melihat pengaruh variabel eksogen indeks harga konsumen di Provinsi Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Jawa Timur menggunakan pembobot invers jarak. Berdasarkan analisis, diperoleh model GSTAR-X(1;1),I(1) dengan pembobot invers jarak serta nilai RMSE yang dihasilkan adalah 1,49 yang berarti model memiliki ketepatan peramalan yang baik.

Kata kunci : Nilai Tukar Petani; Indeks Harga Konsumen; GSTAR-X; invers jarak; RMSE

ABSTRACT

In national development, the agricultural sector and the welfare of farmers are sectors that must be considered because they are the basis of economic growth. The Farmer Exchange Rate (NTP) is one indicator in determining the level of farmer welfare. NTP can vary by region and fluctuates over time. An increase in NTP indicates an increase in farmer welfare, and the other way around. By implication, NTP is influenced by the Consumer Price Index (CPI). NTP is determined from the price index paid by farmers. The price index paid by farmers is the farmer's cost of living whose value is covered by the CPI, so that the increase or decrease in the price of the CPI affects the cost of living for farmers. Generalized Space Time Autoregressive-X (GSTAR-X) model is a development model of the GSTAR model by adding exogenous variables. The GSTAR-X model is a good method for predicting time series data and the relationship between locations by assuming that the data has heterogeneous characteristics and has a correlation. The purpose of this study is to apply the GSTAR-X model to predict the NTP of the food crop

subsector by looking at the effect of exogenous variables on the Consumer Price Index in Central Java, West Java and East Java Provinces using inverse distance weighting. Based on the analysis, the *GSTAR-X* model (1;1),I(1) is obtained with an inverse weighting of distance and the resulting RMSE value is 1.49, which implies that the model has great forecasting accuracy.

Keywords : Farmer Exchange Rate; Consumer Price Index; *GSTAR-X*; Inverse Weighting of Distance; RMSE

1. Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara agraris karena sebagian besar penduduknya mempunyai pencaharian di bidang pertanian atau bercocok tanam. Dalam pembangunan nasional, sektor pertanian dan kesejahteraan petani merupakan salah satu fokus karena menjadi basis pertumbuhan ekonomi. Subsektor tanaman pangan merupakan subsektor yang menyediakan bahan makanan pokok yang dikonsumsi masyarakat Indonesia yang terdiri dari komoditas padi dan palawija.

Nilai tukar petani (NTP) adalah rasio antara indeks harga yang diterima petani dengan indeks harga yang dibayar petani yang dinyatakan dalam persentase. NTP merupakan salah satu indikator dalam menentukan tingkat kesejahteraan petani. NTP mempunyai beberapa cakupan komoditas, salah satunya adalah NTP subsektor tanaman pangan yang mengukur tanaman padi dan palawija.

Secara tidak langsung, NTP dipengaruhi oleh Indeks Harga Konsumen (IHK). IHK adalah indeks yang menunjukkan tingkat harga barang dan jasa yang dibeli konsumen dalam suatu periode tertentu (Mankiw dkk., 2012). NTP dihitung dari indeks harga yang dibayar petani. Indeks harga yang dibayar petani merupakan biaya hidup petani yang nilainya dicakup oleh IHK.

Dari beberapa provinsi di Indonesia, Provinsi Jawa Tengah, Jawa Barat dan Jawa Timur adalah provinsi yang mempunyai angka produksi dan luas panen tanaman pangan tertinggi di Indonesia. Oleh karena itu digunakan data sekunder dari BPS Provinsi Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Jawa Timur yaitu data NTP subsektor tanaman pangan untuk dilakukan peramalan dengan variabel eksogen IHK di ketiga lokasi tersebut.

Diperlukan suatu metode pemodelan statistik yang memperhatikan letak geografis atau faktor lokasi pengamatan, untuk mengetahui apakah data memiliki keterkaitan atau hubungan antar lokasi yang berdekatan. Salah satu metode pendekatan analisis adalah dengan menggunakan

model *Generalized Space Time Autoregressive-X* (*GSTAR-X*). *GSTAR-X* adalah model pengembangan dari model *Generalized Space Time Autoregressive* (*GSTAR*) dengan menambahkan variabel eksogen. Model *GSTAR* merupakan pengembangan dari model *STAR* dengan meningkatkan fleksibilitas parameter setiap lokasi (Felicia dkk., 2018). Sedangkan variabel eksogen adalah variabel yang nilainya tidak dipengaruhi oleh variabel lain di dalam model, dan setiap variabel eksogen merupakan variabel bebas atau independen.

Penelitian tentang NTP pernah dilakukan oleh Annisa, dkk. (2018) dengan menggunakan pemodelan *GSTAR* pada Provinsi Sumatera Selatan, Lampung, D.I. Yogyakarta, dan Sulawesi Tenggara. Penelitian tersebut menggunakan pembobot lokasi seragam, biner, invers jarak, dan normalisasi korelasi silang. Sedangkan penelitian tentang penerapan model *GSTAR-X* pernah dilakukan oleh Astuti, (2016) pada data volume ekspor *Crude Palm Oil* (CPO) di Provinsi Riau, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat, dengan membandingkan penerapan model *GSTAR-X* menggunakan pembobot seragam, biner, invers jarak, dan normalisasi korelasi silang. Penelitian tentang penerapan model *GSTAR-X* juga pernah dilakukan oleh Felicia, dkk. (2018) yaitu meramalkan produksi kelapa sawit di Kalimantan Barat dengan variabel eksogen Indeks Harga Konsumen, dan penelitian tersebut dibatasi dengan orde spasial pemodelan satu ($\lambda_s = 1$).

Berdasarkan uraian sebelumnya, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana pemodelan *GSTAR-X* pada Nilai Tukar Petani subsektor tanaman pangan dengan melihat pengaruh variabel eksogen Indeks Harga Konsumen di Provinsi Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Jawa Timur menggunakan pembobot lokasi invers jarak, dan untuk mengetahui berapakah nilai ramalan yang dihasilkan untuk tahun 2020.

2. Metode Penelitian

2.1 Data dan Variabel Penelitian

Lokasi yang dijadikan objek penelitian yaitu Provinsi Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Jawa Timur. Data yang digunakan adalah NTP subsektor tanaman pangan dan indeks harga konsumen pada Januari 2010 hingga Desember 2019 yang merupakan data sekunder dari publikasi Badan Pusat Statistik melalui website. Berikut adalah tahapan analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian.

1. Melakukan analisis statistik deskriptif
2. Menghitung nilai korelasi antar lokasi
3. Menguji heterogenitas lokasi dengan indeks gini
4. Menguji stasioneritas data dengan uji *Augmented Dickey-Fuller (ADF)*
5. Membagi data menjadi dua, yaitu data *training* (Januari 2010 hingga Desember 2018) dan data *testing* (Januari 2019 hingga Desember 2019)
6. Menentukan orde *GSTAR-X*
7. Menghitung pembobot lokasi invers jarak
8. Mengestimasi parameter model dengan pembobot lokasi yang digunakan
9. Melakukan uji diagnostik pada model dengan asumsi *white noise* dan normal multivariat.
10. Melakukan validasi model dengan melihat nilai *RMSE*
11. Meramalkan data Nilai Tukar Petani subsektor tanaman pangan tahun 2020

2.2 Metode Analisis

Analisis Korelasi

Douglas, dkk. (2011) menyatakan bahwa analisis korelasi merupakan teknik untuk mengukur hubungan antara dua variabel. Variabel dependen dan independen dapat menjadi hubungan non-linear, positif, atau negatif. Berikut uji hipotesis analisis korelasi.

$H_0: \rho = 0$ (tidak terdapat korelasi antar variabel)

$H_1: \rho \neq 0$ (terdapat korelasi antar variabel)

Statistik hitung :

$$t_{hitung} = \frac{r_{ij}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{ij}^2}} \quad (1)$$

dengan

$$r_{ij} = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{[n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2][n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}} \quad (2)$$

dengan r_{ij} adalah korelasi sampel antara variabel ke- i dan j , n adalah ukuran sampel, X_i adalah

variabel X pada lokasi ke- i , dan Y_i adalah variabel Y pada lokasi ke- i . H_0 ditolak jika $t_{hitung} > t_{(\alpha/2, n-2)}$ atau nilai $p < \alpha$.

Uji Heterogenitas

Uji heterogenitas diperlukan karena adanya perbedaan karakteristik antar titik lokasi pengamatan. Fadhilatul dkk., (2020) menyatakan bahwa metode indeks gini biasanya digunakan untuk mengetahui tingkat pemerataan pendapatan masyarakat. Kriteria indeks gini $G_i = 0$ berarti pemerataan sempurna dan $G_i = 1$ berarti pemerataan tidak sempurna. Metode indeks gini dapat digunakan untuk membandingkan dari satu lokasi ke lokasi yang lain atau dari satu waktu ke waktu yang lain. Berikut uji hipotesis uji heterogenitas dengan indeks gini.

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma^2$ (terdapat homogenitas spasial)

$H_1: \sigma_i^2 \neq 0$ (paling tidak terdapat satu heterogenitas spasial)

Statistik hitung :

$$G_i = 1 + \frac{1}{n} - \frac{2}{(n^2 \bar{y}_i)} \sum_{i=1}^{n_i} y_i \quad (3)$$

dengan G_i adalah indeks Gini variabel ke- i , y_i adalah nilai variabel ke- i yang diamati, $\bar{y}_i$ adalah rata-rata nilai variabel ke- i yang diamati, dan n adalah ukuran sampel. H_0 ditolak jika nilai G_i lebih dari atau sama dengan 1.

Pembobot Lokasi Invers Jarak

Pembobotan dengan metode invers jarak dilakukan berdasarkan jarak sebenarnya antara lokasi pada penelitian. Jarak yang digunakan pada pembobot ini mempertimbangkan koordinat lintang dan bujur (Ana dkk., 2018). Matriks D adalah matriks yang terdiri dari elemen jarak antar setiap lokasi (d_{ij}) berukuran $i \times j$. Pada matriks D distandarkan dalam bentuk matriks W untuk memenuhi sifat bobot yaitu :

$$\sum_{j=1}^N w_{ij}^{(1)} = 1, j \neq 1 \quad (4)$$

Jika diasumsikan jarak yang dekat memiliki hubungan antar lokasi yang kuat maka secara umum bobot invers jarak untuk masing-masing lokasi adalah

$$w_{ij} = \frac{\frac{1}{d_{ij}}}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{d_{ij}}}, j \neq i \quad (5)$$

dengan $d_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 - (y_j - y_i)^2}$, w_{ij} adalah bobot antara lokasi ke- i dan ke- j , x_i, x_j adalah koordinat dari garis lintang, dan y_i, y_j adalah koordinat dari garis bujur.

Augmented Dickey Fuller (ADF)

Secara perhitungan uji stasioneritas dapat dilihat menggunakan nilai probabilitas yang dihasilkan dari uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Uji ADF adalah uji *unit root* yang sering digunakan untuk melakukan uji stasioneritas (Felicia dkk., 2018). Uji hipotesis ADF yang terbentuk adalah

$$H_0: \hat{\phi} = 1 \text{ (data tidak stasioner)}$$

$$H_1: |\hat{\phi}| < 1 \text{ (data stasioner)}$$

Statistik hitung :

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\phi}-1}{SE(\hat{\phi})} \quad (6)$$

H_0 ditolak jika nilai $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2, n-k}$ atau nilai $p < \alpha$.

Lag Optimal

Pemeriksaan lag bertujuan untuk mendapatkan lag optimal yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya. Lag optimal pada model VAR ditentukan dengan menggunakan nilai *Akaike's Information Criteria* (AIC) terkecil. Perhitungan nilai AIC ditentukan sebagai berikut.

$$AIC = \ln\left(\frac{JKS}{n}\right) + \frac{2k}{n} \quad (7)$$

dengan JKS adalah jumlah kuadrat residu, k adalah banyak parameter pada model, dan n adalah banyaknya sampel.

Model Generalized Space Time Autoregressive-X (GSTAR-X).

Felicia dkk., (2018) menyatakan bahwa GSTAR-X adalah pengembangan dari model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) dengan menambahkan variabel eksogen. Model GSTAR-X($p; \lambda_1, \dots, \lambda_k$) dapat dituliskan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \dot{Z}_{(N \times 1)}(t) = & \left(\sum_{k=1}^p \sum_{l=0}^{\lambda_k} \Phi_{kl(N \times N)} W_{(N \times N)}^{(l)} \dot{Z}_{(N \times 1)}(t - \right. \\ & \left. k) \right) + \gamma \dot{X}(t) + a_{(3 \times 1)}(t) \end{aligned} \quad (8)$$

dengan $W^{(l)}$ adalah matriks pembobot lokasi untuk lokasi l yang mempunyai diagonal sama dengan nol, jumlah setiap baris sama dengan satu, $W^{(0)}$ adalah matriks identitas I , $\Phi_{kl(N \times N)}(kl)$ adalah diagonal matriks parameter dari waktu ke- k lokasi ke- i , $\dot{X}_{(N \times 1)}(t)$ adalah nilai dari variabel eksogen pada waktu t , dan $a_{(N \times 1)}(t)$ adalah vektor residu pada waktu t .

Model GSTAR merupakan pengembangan dari model STAR dengan meningkatkan fleksibilitas parameter setiap lokasi. Suhartono dan Dhoriva (2007) mengungkapkan bahwa penentuan estimasi parameter pada model VAR baik pembobot antar waktu maupun antar lokasi dilakukan secara simultan dengan menggunakan metode *lest squares* atau MLE. Sedangkan estimasi parameter untuk pembobot lokasi menggunakan konsep jarak, dan untuk pembobot antar waktu menggunakan metode *least squares*.

Estimasi Parameter Model

Dewi (2016) menyatakan bahwa model yang baik mempunyai parameter yang signifikan, atau parameternya tidak sama dengan nol.

$$H_0: \hat{\delta}_i = 0 \text{ (koefisien parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1: \text{minimal ada satu nilai } \hat{\delta}_i \neq 0 \text{ (koefisien parameter signifikan)}$$

Statistik hitung :

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\delta}}{SE(\hat{\delta})} \quad (9)$$

H_0 ditolak jika nilai $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2, n-k}$ atau nilai $p < \alpha$.

Uji Diagnostik

Uji diagnostik digunakan untuk memeriksa apakah asumsi model terpenuhi. Asumsi dasar yang harus terpenuhi adalah asumsi residu bersifat *white noise* atau tidak ada korelasi antar residu, dan berdistribusi normal (Wei, 2006).

Uji hipotesis secara statistik untuk residu *white noise* adalah uji Ljung Box.

$$H_0: \rho_1 = \dots = \rho_k = 0 \text{ (tidak terdapat autokorelasi antar residu)}$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \rho_k \neq 0 \text{ (terdapat autokorelasi antar residu)}$$

Statistik hitung

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^l (n-k)^{-1} \hat{l}_k^2 \quad (10)$$

dengan n adalah banyaknya sampel, $\hat{\rho}_k^2$ adalah autokorelasi pada lag ke- k , l adalah jumlah lag yang diuji, Q berdistribusi $\chi^2_{(K-(p+q))}$, p dan q adalah orde AR dan MA. H_0 ditolak jika nilai $Q > \chi^2_{(\alpha; K-(p+q))}$ atau nilai $p < \alpha$.

Selanjutnya asumsi residu berdistribusi normal menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Tahapan dari uji residu berdistribusi normal adalah sebagai berikut.

H_0 : residu berdistribusi normal

H_1 : residu tidak berdistribusi normal

Statistik hitung:

$$D = \text{maksimum } |F_0(X) - S_n(X)| \quad (11)$$

dengan $F_0(X)$ adalah distribusi frekuensi kumulatif teoritis, dan $S_n(X)$ adalah distribusi frekuensi kumulatif yang diobservasi. H_0 ditolak jika nilai $D > D_{(\alpha; n)}$ atau nilai $p < \alpha$.

Root Mean Square Error (RMSE)

Salah satu uji yang digunakan dalam menentukan model terbaik adalah dengan memperhatikan nilai RMSE. Rumus RMSE dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2}{n}} \quad (12)$$

dengan Z_t adalah data asli pada waktu ke- t , $\hat{Z}_t$ adalah data peramalan pada waktu ke- t , dan n adalah banyaknya pengamatan. Kemampuan peramalan dikatakan baik apabila nilai RMSE mendekati nol.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam memudahkan pemahaman mengenai Nilai Tukar Petani subsektor tanaman pangan di Provinsi Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Jawa Timur, maka digunakan statistik deskriptif yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Nilai Tukar Petani Subsektor Tanaman Pangan

Lokasi	Mean	Min.	Maks.
Jawa Tengah	100,68	90,00	109,97
Jawa Barat	103,30	88,59	113,59
Jawa Timur	102,44	93,25	116,34

Tabel 1 menunjukkan bahwa dari periode Januari 2013 hingga Agustus 2020 rata-rata NTP subsektor tanaman pangan terbesar dari tiga

lokasi terdapat di Provinsi Jawa Barat sebesar 103,30. Sedangkan yang terendah pada Provinsi Jawa Tengah sebesar 100,68. NTP subsektor tanaman pangan terbesar terdapat di Provinsi Jawa Timur pada Oktober 2020 yaitu sebesar 116,34. Sedangkan terendah pada Provinsi Jawa Barat pada Mei 2010 yaitu sebesar 88,59.

Analisis Korelasi

Selanjutnya, untuk mengetahui identifikasi awal keterkaitan data NTP subsektor tanaman pangan di tiga lokasi ini dilakukan dengan melihat korelasi antar lokasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Korelasi NTP subsektor tanaman pangan antar lokasi

Lokasi	Jawa Tengah	Jawa Barat	Jawa Timur
Jawa Tengah	1	0,713	0,736
Jawa Barat	0,713	1	0,766
Jawa Timur	0,736	0,766	1

Tabel 2 menunjukkan bahwa ketiga lokasi tersebut memiliki nilai lebih $t_{(0,05/2,118)} = 1,98027$ sehingga H_0 ditolak yang berarti terdapat korelasi atau ada keterkaitan antar satu lokasi dengan lokasi yang lain.

Indeks Gini

Selanjutnya, uji asumsi yang diperlukan pada pengujian dengan metode GSTAR-X adalah uji heterogenitas. Digunakan indeks gini sebagai pengujian heterogenitas spasial yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Heterogenitas Spasial dengan Indeks Gini

Lokasi	Indeks Gini
Jawa Tengah	1,009171
Jawa Barat	1,009171
Jawa Timur	1,009171

Tabel 3 menunjukkan bahwa ketiga lokasi tersebut memiliki nilai indeks gini lebih dari 1 sehingga H_0 ditolak yang berarti ketiga lokasi tersebut memenuhi asumsi heterogenitas dan dapat digunakan dalam pemodelan dengan GSTAR-X.

Uji Augmented Dickey Fuller (ADF)

Sebelum menganalisis dengan model GSTAR-X pada data Nilai Tukar Petani subsektor tanaman pangan, syarat utama yang harus

dipenuhi adalah kestasioneran. Dilakukan uji stasioneritas data secara hitungan dengan menggunakan uji *ADF*. Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Stasioneritas dengan *Augmented Dickey Fuller (ADF)*

Lokasi	nilai <i>p</i>
Jawa Tengah	0,454
Jawa Barat	0,183
Jawa Timur	0,284

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai *nilai p* untuk ketiga lokasi lebih dari $\alpha = 0,05$ sehingga H_0 tidak ditolak yang artinya data tidak stasioner. Dikarenakan data NTP subsektor tanaman pangan di masing-masing lokasi tidak stasioner, maka langkah selanjutnya adalah melakukan *differencing*. Hasil yang didapat setelah dilakukannya proses *differencing* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Stasioneritas dengan *Augmented Dickey Fuller (ADF)* data *differencing*

Lokasi	nilai <i>p</i>
Jawa Tengah	0,01
Jawa Barat	0,01
Jawa Timur	0,01

Tabel 5 menunjukkan bahwa *nilai p* kurang dari $\alpha = 0,05$ sehingga dapat diartikan bahwa data sudah stasioner.

Lag Optimum

Penentuan orde model *GSTAR-X* dapat dilakukan dengan melihat nilai *Akaike's Information Criteria (AIC)* terkecil. Kriteria minimum *AIC* memberikan nilai *AIC* tiap orde sehingga dapat dibandingkan dan kemudian ditentukan lag waktu yang sesuai untuk model *GSTAR-X*. Nilai *AIC* disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai *Akaike's Information Criteria (AIC)*

Lag	1	2	3	4
AIC(n)	0,498	0,531	0,505	0,579

Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai *AIC* terkecil berada pada lag 1 yang berarti orde *autoregressive* untuk *GSTAR-X* adalah 1.

Pembobot Invers Jarak

Pembobot model *GSTAR-X(1;1),I(1)* dengan pembobot lokasi invers jarak merupakan cara untuk melihat keterkaitan antara NTP subsektor tanaman pangan di tiga lokasi berdasarkan jarak antar lokasi. Model ini mengasumsikan bahwa NTP subsektor tanaman pangan di suatu provinsi dipengaruhi oleh jauh atau dekatnya jarak yang dimiliki dengan lokasi lainnya. Koordinat pada lokasi penelitian disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Koordinat Lokasi Penelitian

Lokasi	Latitude	Longitude
Jawa Tengah	-7,150975	110,140259
Jawa Barat	-6,914864	107,608238
Jawa Timur	-7,536064	112,238402

Berdasarkan jarak masing-masing lokasi tersebut, maka matriks pembobot lokasi invers jarak yang diperoleh adalah sebagai berikut

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0,456 & 0,544 \\ 0,648 & 0 & 0,352 \\ 0,687 & 0,313 & 0 \end{bmatrix}$$

Estimasi Parameter

Estimasi parameter model *GSTAR-X(1;1),I(1)* dengan pembobot lokasi invers jarak pada data NTP subsektor tanaman pangan di tiga lokasi dengan metode *OLS* menghasilkan beberapa parameter yang signifikan. Hasilnya disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Estimasi Parameter dengan Invers Jarak

Parameter	Estimasi	<i>t</i> hitung	nilai <i>p</i>
ϕ_{10}^1	1,007	7,708	0,000
ϕ_{11}^2	-0,041	-0,099	0,912
γ_1	-0,001	-0,026	0,980
ϕ_{20}^1	0,621	6,932	0,000
ϕ_{21}^2	-0,291	-2,967	0,003
γ_2	0,112	3,682	0,000
ϕ_{30}^1	-0,489	-3,768	0,000
ϕ_{31}^2	0,518	4,411	0,000
γ_3	0,039	1,229	0,220

Tabel 8 menunjukkan bahwa parameter yang signifikan apabila nilai *nilai p* nya kurang dari $\alpha = 0,05$, maka disimpulkan tidak semua parameter signifikan mempengaruhi model.

Model Generalized Space Time Autoregressive-X (GSTAR-X)

Pada perhitungan *lag* optimal pada Tabel 6 diperoleh orde *autoregressive* model GSTAR-X adalah 1, sedangkan orde untuk *differencing* juga bernilai 1. Setelah mendapatkan orde *autoregressive* dan *differencing*, selanjutnya menentukan orde spasial. Diperoleh orde spasial adalah 1 karena ketiga lokasi penelitian berada pada pulau yang sama yaitu Pulau Jawa. Maka model yang diperoleh adalah GSTAR-X(1;1),I(1). Dari hasil analisis pembobot invers jarak kemudian dilakukan estimasi parameter, didapatkan model GSTAR-X(1;1),I(1) untuk setiap lokasi pengamatan.

Jawa Tengah :

$$\hat{Z}_1(t) = 1,01Z_1(t-1) \quad (13)$$

Jawa Barat :

$$\hat{Z}_2(t) = -0,189Z_1(t-1) + 0,621Z_2(t-1) - 0,102Z_3(t-1) + 0,112Z_2(t) \quad (14)$$

Jawa Timur :

$$\hat{Z}_3(t) = 0,356Z_1(t-1) + 0,162Z_2(t-1) - 0,489Z_3(t-1) \quad (15)$$

Model GSTAR-X(1;1),I(1) dengan pembobot lokasi invers jarak pada persamaan (13), (14), dan (15) diatas, digunakan untuk memprediksi apakah NTP subsektor tanaman pangan pada bulan Januari 2020 hingga Desember 2020. Persamaan (13) menunjukkan bahwa NTP subsektor tanaman pangan di Provinsi Jawa Tengah dipengaruhi oleh NTP subsektor tanaman pangan satu periode sebelumnya. Persamaan (14) menunjukkan bahwa NTP subsektor tanaman pangan di Jawa Barat dipengaruhi oleh NTP subsektor tanaman pangan di Jawa Tengah satu periode sebelumnya, NTP subsektor tanaman pangan satu periode sebelumnya, NTP subsektor tanaman pangan di Jawa Timur satu periode sebelumnya, dan indeks harga konsumen di Jawa Barat satu periode sebelumnya. Sedangkan persamaan (15) menunjukkan bahwa NTP subsektor tanaman pangan di Jawa Timur dipengaruhi oleh NTP subsektor tanaman pangan di Jawa Tengah satu periode sebelumnya, NTP subsektor tanaman pangan di Jawa Barat satu periode sebelumnya, dan NTP subsektor tanaman pangan satu periode sebelumnya.

Diagnostic Check Model

Asumsi yang harus dipenuhi adalah residu bersifat *white noise* atau tidak terdapat autokorelasi pada residu dan residu berdistribusi normal. Residu didapat dari perhitungan pada data *testing*. Hasil pemeriksaan residu dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Uji Ljung-Box dan Kolmogorov-Smirnov

Uji	nilai p
Ljung-Box	0,0699
Kolmogorov-Smirnov	0,9189

Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai *nilai p* pada kedua uji lebih dari $\alpha = 0,05$ sehingga H_0 tidak ditolak yang artinya tidak ada autokorelasi pada residu dan residu berdistribusi normal.

Validasi Model

Model yang didapatkan adalah GSTAR-X(1;1),I(1) dengan pembobot invers jarak. Uji validasi model digunakan untuk melihat apakah model yang digunakan mempunyai ketepatan peramalan yang baik dilihat dari nilai *RMSE*. Didapat nilai *RMSE* sebesar 1,49 yang berarti model memiliki ketepatan peramalan yang baik.

Peramalan Nilai Tukar Petani Subsektor Tanaman Pangan

Berdasarkan analisis menggunakan metode GSTAR-X didapatkan model GSTAR-X(1;1),I(1) dengan pembobot invers jarak. Model yang didapat tersebut selanjutnya digunakan untuk meramalkan Nilai Tukar Petani subsektor tanaman pangan di ketiga lokasi pada tahun 2020. Didapatkan hasil peramalan menggunakan data *testing* yang telah melalui proses *differencing* yang disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai Tukar Petani subsektor tanaman pangan tahun 2020 data *differencing*

Bulan	Jawa Tengah	Jawa Barat	Jawa Timur
Januari	-0,23	-0,75	1,32
Februari	-2,12	1,06	0,32
Maret	-0,86	-1,59	-0,02
April	-1,37	-0,09	0,30
Mei	-0,25	-1,34	-1,23
Juni	-0,95	-0,01	-1,12
Juli	1,19	-0,53	0,15
Agustus	1,08	0,91	-0,02
September	1,94	0,93	-0,47
Oktober	1,45	0,70	0,27
November	0,14	1,05	0,62

Bulan	Jawa Tengah	Jawa Barat	Jawa Timur
Desember	-0,02	-0,35	-0,13

Kemudian dapat dihitung peramalan untuk data asli yang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai Tukar Petani subsektor tanaman pangan tahun 2020

Bulan	Jawa Tengah	Jawa Barat	Jawa Timur
Januari	109,72	112,84	117,31
Februari	107,6	113,9	117,63
Maret	106,74	112,31	117,61
April	105,37	112,22	117,91
Mei	105,12	110,88	116,68
Juni	104,17	110,87	115,56
Juli	105,36	110,34	115,71
Agustus	106,44	111,25	115,69
September	108,38	112,18	115,22
Oktober	109,83	112,88	115,49
November	109,97	114,05	115,9
Desember	109,94	113,59	115,99

4. Kesimpulan

Model *GSTAR-X* yang diperoleh untuk data Nilai Tukar Petani subsektor tanaman pangan yang mempertimbangkan variabel eksogen Indeks Harga Konsumen di Provinsi Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Jawa Timur adalah *GSTAR-X(1;1),I(1)* dengan pembobot invers jarak dan nilai *RMSE* yang dihasilkan adalah 1,49.

5. Daftar Pustaka

- Aryani, F. N., Handajani, S. S., & Zukhronah, E. (2020). Penerapan Model *Generalized Space Time Autoregressive* Pada Data Nilai Tukar Petani di Tiga Provinsi Pulau Sumatera. *Jurnal ILMU DASAR*, 97-104.
- Astuti, D. (2006). Penerapan Model *Generalized Space Time Autoregressive With Exogenous Variable (GSTARX)* untuk Peramalan Volume Ekspor CPO. *Skripsi*. Universitas Padjajaran Bandung.
- Azizah, A., Falah, A. N., Ruchjana, B. N., Cahyandari, R., & Huda, A. F. (2002). Penerapan Model *Generalized Space-Time Autoregressive (GSTAR)* pada Data Nilai Tukar Petani Menggunakan Matriks Bobot Lokasi. *SEMINAR STATISTIKA FMIPA UNPAD 2018 (SNS VII)*, 1-7.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat. 2020. Nilai Tukar Petani Subsektor Tanaman Pangan per Bulan Tahun 2010-2019. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat. Kota Bandung.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. 2020. Nilai Tukar Petani Subsektor Tanaman Pangan per Bulan Tahun 2010-2019. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. Kota Semarang.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. 2020. Nilai Tukar Petani Subsektor Tanaman Pangan per Bulan Tahun 2010-2019. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. Kota Surabaya.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2020. Indeks Harga Konsumen per Bulan Tahun 2010-2019. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. Kota Jakarta Pusat.
- Islamiyah, A. N., Rahayu, W., & Wiraningsih, E. D. (2018). *Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) dan Penerapannya pada Penderita TB Paru (BTA+) di DKI Jakarta*. *JSA*, 36-47.
- Kusuma, F. K., Kusnandar, D., & Debatara, N. N. (2017). Model *Generalized Space Time Autoregressive-X (GSTAR-X)* dalam Meramalkan Produksi Kelapa Sawit. *Bimaster*, 39-49.
- Lind, D. A., Marchal, W. G., & Wathen, S. A. (2011). *Statistical Techniques in Business & Economics*. America: McGraw-Hill/Irwin.
- Suhartono, & Wutsqa, D. U. (2006). Evaluasi Kebaikan Model *VAR* dibandingkan Model *STAR* pada Peramalan Produksi Teh di Jawa Barat. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 76-82.