

PENERAPAN MODEL GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE (GSTAR) PADA DATA NILAI TUKAR PETANI 3 PROVINSI DI PULAU SUMATERA

Fadhilatul Nida Aryani, Sri Sulistijowati Handajani, dan Etik Zukhronah

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret

fadhilatulnida29@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Peranan sektor pertanian cukup besar untuk pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Sektor pertanian telah menjadi sektor andalan, oleh karena itu sektor pertanian perlu diperhatikan. Kesejahteraan petani juga perlu diperhatikan, salah satu cara untuk mengukur tingkat kesejahteraan petani yaitu dengan menggunakan nilai tukar petani. Nilai tukar petani memiliki keterkaitan waktu sebelumnya dan juga memiliki keterkaitan lokasi. Salah satu cara untuk menyusun model runtun waktu dan lokasi yaitu menggunakan Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR). GSTAR merupakan metode permalan yang digunakan untuk data yang mengandung runtun waktu dan keterkaitan lokasi dengan asumsi bahwa data memiliki karakteristik yang heterogen. Tujuan penelitian ini untuk memodelkan nilai tukar petani dengan GSTAR menggunakan pembobot normalisasi korelasi silang di tiga provinsi yaitu Provinsi Sumatera Barat, Bengkulu dan Jambi. Model GSTAR terbaik yaitu $(1_1)-I(1)$ dengan menggunakan pembobot normalisasi korelasi silang karena asumsi white noise dan multivariat normal terpenuhi dengan nilai RMSE sebesar 1.161063 dan nilai MAPE sebesar 0.82%

Kata kunci: GSTAR, RMSE, NTP, normalisasi korelasi silang

ABSTRACT

The agricultural sector plays a big role in the growth of Gross Regional Domestic Product (GRDP). The agricultural sector is also being a mainstay sector in Sumatra island, therefore the agricultural sector and the welfare of farmers also need to be considered, one way to measure the level of farmers welfare is by using the farmers exchange rate. Farmers exchange rate have relationships with previous time and location. One way to construct a time series and location model is by using Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR). GSTAR is a forecasting method used for data containing time series and location linkages with the assumption that the data have heterogeneous characteristics. The purpose of this study was to model farmers' exchange rates with GSTAR using cross correlation normalization weighting in three provinces namely West Sumatra, Bengkulu and Jambi Provinces. The GSTAR model obtained is GSTAR by using cross correlation normalization weighting because the assumption of normal white noise and multivariate is met with an RMSE value of 1.161063 and MAPE value of 0.82%

Key words: GSTAR, RMSE, NTP, normalization of cross correlations

PENDAHULUAN

Pulau Sumatera menjadi salah satu pulau yang memiliki karakteristik yang unik dan kontribusi yang besar bagi Indonesia, terutama dalam bidang pertanian. Menurut Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) tahun 2012 di Pulau Sumatra sektor pertanian menjadi sektor andalan karena sebagai penyumbang tertinggi bagi Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Peranan sektor pertanian dalam PDRB di Pulau Sumatera masih cukup besar yaitu sebesar 22,27%, hal ini jauh lebih tinggi dari peranan sektor pertanian di Pulau Jawa dan Bali yaitu sebesar 6,61%, dan Pulau Kalimantan sebesar 11,61%. Menurut BPS Sumatera Barat (2016), perekonomian Provinsi Sumatera Barat didominasi oleh sektor pertanian. Dilihat dari distribusi persentase PDRB atas dasar harga berlaku menurut lapangan usaha, sektor pertanian memiliki kontribusi terbesar dibandingkan sektor lain yaitu sebesar 24,84%. Menurut BPS Provinsi Jambi

(2006), sektor pertanian telah menyumbang sebesar 17,47 % terhadap PDRB Provinsi Jambi dan 59,95 % tenaga kerja yang ada di Provinsi Jambi bekerja di sektor pertanian. Menurut Bappenas (2012) berdasarkan data distribusi persentase PDRB menurut provinsi dan lapangan usaha kontribusi sektor pertanian menurut provinsi di wilayah Sumatera tertinggi di Provinsi Bengkulu yaitu sebesar 37,03%. Oleh karena itu, sektor pertanian cukup berperan di ketiga provinsi sehingga perlu diperhatikan tingkat kesejahteraan petaninya. Hal ini dilakukan supaya para petani tidak memilih untuk beralih pekerjaan ke bidang lain. Salah satu pendekatan untuk mengukur kesejahteraan petani di daerah perdesaan menggunakan nilai tukar petani (NTP).

Menurut BPS (2018), nilai tukar petani merupakan rasio indeks harga yang diterima oleh petani (I_t) dan indeks harga yang dibayar petani (I_b). I_t merupakan indikator tingkat pendapatan petani, sedangkan I_b merupakan kebutuhan petani baik konsumsi maupun produksi. Faktor-faktor yang mempengaruhi NTP adalah produksi tanam pangan, total kebutuhan tanam pangan dan non pangan, dan setiap daerah di Pulau Sumatra membutuhkan daerah sekitarnya dalam pemenuhan kebutuhan pertanian tersebut. Pergerakan NTP memiliki keterkaitan antar waktu sebelumnya, dan juga memiliki keterkaitan lokasi. Oleh karena itu berdasarkan permasalahan di atas, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menyusun model peramalan data NTP menurut waktu dan lokasi yang memiliki karakteristik berbeda. Model peramalan yang baik digunakan untuk data runtun waktu dan lokasi adalah model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR). *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) merupakan salah satu metode peramalan untuk menyelesaikan data lokasi dan waktu, jika setiap lokasinya memiliki karakteristik yang berbeda, hal ini ditunjukkan oleh perbedaan antar satu lokasi dengan lokasi lain.

Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR)

Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) adalah salah satu model yang banyak digunakan untuk memodelkan dan meramalkan data runtun waktu dan lokasi. Borovkova *et.al.* (2008) menyatakan bahwa model GSTAR (p, λ_s) dapat dituliskan sebagai berikut

$$Z_{i,t} = \sum_{k=1}^p \sum_{l=0}^{\lambda_s} \sum_{i=1}^N \Phi_{kl}^i W^l(k) Z_{t,k} + e_{i,t}$$

dengan Φ_{kl}^i adalah matriks diagonal ruang waktu dengan *lag* spasial l dan *lag* waktu ke- k pada daerah i , $W^l(k)$ adalah matriks pembobot ukuran $(N \times N)$, $e_{i,t}$ adalah residu $(N \times 1)$ yang berdistribusi normal pada daerah i dan waktu ke- t , $Z_{i,t}$ adalah nilai pengamatan pada daerah i dan waktu ke- t yang berukuran $(N \times 1)$. Menurut Wutsqa (2010) model GSTAR menunjukkan ketergantungan waktu dan lokasi, sedangkan model *Vektor Autoregressive* (VAR) hanya menunjukkan ketergantungan waktu. Model GSTAR merupakan pengembangan dari model STAR. Model STAR mengasumsikan bahwa parameter *autoregressive* setiap lokasi sama, sehingga hanya dapat digunakan pada data yang bersifat homogen. Model GSTAR mengasumsikan parameter *autoregressive* setiap lokasi berbeda, sehingga dapat digunakan untuk data yang bersifat heterogen.

Uji Heterogenitas Lokasi

Menurut Karlina, dkk. (2014) metode indeks Gini merupakan rasio analisis yang sangat merepresentatif data dalam masyarakat yang heterogen. Metode indeks Gini biasanya digunakan untuk mengetahui tingkat pemerataan pendapatan masyarakat dengan melihat nilai indeks Gini yang dibagi menjadi beberapa kriteria diantaranya $G_n = 0$ artinya pemerataan sempurna dan $G_n = 1$ artinya pemerataan tidak sempurna. Indeks Gini merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk membandingkan dari satu waktu ke waktu atau dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Berikut uji hipotesis heterogenitas.

H_0 : lokasi homogen

H_1 : lokasi heterogen

Statistik uji:

$$G = 1 + \frac{1}{n} - \frac{2}{n^2 \bar{y}_l} \times \sum_{i=1}^{n_i} y_i$$

dengan G merupakan indeks Gini, n merupakan jumlah data, n_i merupakan jumlah data pada lokasi ke- i , $\bar{y}_l$ merupakan rata-rata dari masing masing variabel yang diamati. H_0 ditolak jika nilai G lebih dari sama dengan 1.

Pembobot Lokasi Normalisasi Korelasi Silang

Pembobotan ini didasarkan pada hasil normalisasi korelasi silang antar lokasi pada lag waktu yang bersesuaian. Menurut Suhartono dan Atok (2006) Secara umum korelasi silang antara lokasi ke- i dan ke- j pada lag ke- k $corr[Z(t), Z(t-k)]$ dapat dituliskan sebagai berikut

$$\rho_{ij}(k) = \frac{\gamma_{ij}(k)}{\sigma_i \sigma_j}, k = 1, 2, 3, \dots$$

dengan $\gamma_{ij}(k)$ adalah kovarians silang antara kejadian di lokasi ke- i dan ke- j . Nilai taksiran dari korelasi silang pada sampel dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

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

sehingga bobot normalisasi korelasi silang antar lokasi pada lag waktu yang bersesuaian untuk model GSTAR dapat dituliskan sebagai berikut:

$$W_{ij}(k) = \frac{r_{ij}(k)}{\sum_{j \neq i} |r_{ij}(k)|}, \text{ dengan } i \neq j \text{ dan } \sum_{j \neq i} |W_{ij}| = 1$$

Estimasi Parameter Model GSTAR

Menurut Borovkova *et.al.* (2008), dalam model GSTAR metode kuadrat terkecil digunakan untuk pendugaan parameter Φ . Model GSTAR memiliki nilai pengamatan yang dinotasikan dengan $Z_{i,t}$, $t = 0, 1, 2, \dots, T$ merupakan waktu, lag waktu yang dinotasikan dengan k , lag spasial yang dinotasikan dengan l , pembobot yang dinotasikan dengan w dan $i = 1, 2, 3, \dots, N$ adalah daerah pengamatan. Bentuk matriks model GSTAR dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Z_{i(N \times 1)}(t) = \sum_{k=1}^p \sum_{l=0}^{\lambda_s} \sum_{i=1}^N \Phi_{kl(N \times N)}^i W_{(N \times N)}^l(k) Z_{(N \times 1)}(t-k) + e_{(N \times 1)}(t)$$

dengan $V_i(t) = \sum_{j=1}^N w_{ij}(k) Z_j(t)$ untuk $i \neq j$ maka model untuk lokasi ke- i :

$$Z_i = Z_i^* \Phi + \varepsilon$$

Dalam hal ini, model persamaan GSTAR (1₁) dapat dituliskan sebagai berikut

$$Z_i = \begin{bmatrix} Z_i(2) \\ Z_i(3) \\ \vdots \\ Z_N(T) \end{bmatrix}, Z_i^* = \begin{bmatrix} Z_i(1) & V_i(1) \\ Z_i(2) & V_i(2) \\ \vdots & \vdots \\ Z_N(T-1) & V_N(T-1) \end{bmatrix}, \Phi = \begin{bmatrix} \phi_{kl}^i \\ \phi_{kl}^i \\ \vdots \\ \phi_{kl}^N \end{bmatrix}, e_i = \begin{bmatrix} e_i(2) \\ e_i(3) \\ \vdots \\ e_N(T) \end{bmatrix}$$

Estimasi parameter model dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (MKT) menurut Gurajati (2006) adalah

$$\hat{\Phi} = (Z^{*'} Z^*)^{-1} (Z^{*'} Z)$$

Uji Asumsi Model

Uji kecukupan model menggunakan uji Ljung-Box dan uji normalitas. Menurut Hanke dan Wichern (2005) langkah-langkah uji Ljung-Box adalah sebagai berikut

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k$ (tidak terdapat autokorelasi antar data)

$H_1 : \rho_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, k$ (terdapat autokorelasi antar data)

Statistik uji:

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

dengan n adalah jumlah pengamatan, k adalah jumlah lag, dan $\hat{\rho}_k^2$ adalah autokorelasi duga pada lag ke- k , m adalah banyak parameter. H_0 ditolak jika nilai $LB > \chi_{1-\alpha, k-m}^2$ atau jika nilai p lebih kecil dari α . Menurut Bhattacharyya (2010), uji normalitas merupakan sebuah uji yang dilakukan untuk menilai sebaran data, apakah sebaran data tersebut berdistribusi normal ataukah tidak. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dengan langkah-langkah sebagai berikut.

$H_0 : F(x) = F_0(x)$ untuk semua x (data berdistribusi normal)

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$ untuk minimal satu nilai x (data tidak berdistribusi normal)

Statistik uji

$$D = \sup_x |S(X) - F_0(X_i)|$$

dengan

$S(X)$: fungsi distribusi frekuensi kumulatif

$F_0(X_i)$: probabilitas kumulatif dari distribusi normal.

H_0 ditolak jika $D > D_{n(1-\alpha)}$ atau nilai p lebih kecil dari α

Validasi Model GSTAR

Validasi pada model GSTAR dilakukan untuk mengukur kebaikan model dan ketepatan prediksi dari model dengan nilai sebenarnya dari pengamatan. Hal ini dapat dilakukan dengan melihat nilai $RMSE$, dapat dituliskan sebagai berikut:

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

dengan m adalah banyak ramalan yang dilakukan, Z_t adalah data aktual dari nilai tukar petani, dan $\hat{Z}_t$ adalah data prediksi dari nilai tukar petani. Suatu model dikatakan baik dan tepat apabila nilai $RMSE$ -nya mendekati nol.

METODE PELAKSANAAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder pada nilai tukar petani di tiga provinsi yaitu, Provinsi Sumatera Barat, Bengkulu dan Jambi dengan periode waktu mulai dari bulan Januari tahun 2011 sampai bulan Desember tahun 2018. Data yang didapat sebanyak 96 data yang dibagi menjadi dua bagian yaitu:

- (i) Data *in-sample*: Januari 2011-Desember 2017
- (ii) Data *out-sample*: Januari 2018-Desember 2018

Data *in-sample* digunakan untuk memodelkan data, sedangkan data *out-sample* digunakan untuk mengecek validasi model. Dalam penelitian ini nilai tukar petani Provinsi Bengkulu dinotasikan dengan Z_a , nilai tukar petani Provinsi Sumatera Barat dinotasikan dengan Z_b , serta nilai tukar petani Provinsi Jambi dinotasikan dengan Z_c . Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang menerapkan model $GSTAR$ pada nilai tukar petani dengan menggunakan pembobot normalisasi korelasi silang di tiga provinsi yaitu, Provinsi Sumatera Barat, Bengkulu dan Jambi.

1. Menghitung korelasi antar lokasi dalam data.
2. Memeriksa heterogenitas lokasi dengan menggunakan indeks Gini.
3. Memeriksa kestasioneran data.
4. Menentukan orde *autoregressive*(p) dalam model $GSTAR$ menggunakan model $VAR(p)$
5. Menghitung pembobot normalisasi korelasi silang untuk setiap lokasi dihitung berdasarkan data nilai tukar petani
6. Menduga parameter model $GSTAR$ untuk data nilai tukar petani sesuai orde *autoregressive* dan orde spasial l untuk pembobot normalisasi korelasi silang.
7. Menguji signifikansi parameter pada model $GSTAR$ untuk data nilai tukar petani dengan menggunakan pembobot normalisasi korelasi silang.
8. Memperoleh model $GSTAR$ untuk data nilai tukar petani dengan menggunakan pembobot normalisasi korelasi silang.
9. Melakukan uji kenormalan residu menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.
10. Melakukan uji *white noise* residu menggunakan uji *Ljung Box*.
11. Menghitung nilai $RMSE$ pada model $GSTAR$ untuk validasi model.
12. Melakukan peramalan nilai tukar petani untuk beberapa periode ke depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif digunakan untuk memudahkan penjelasan dan pemahaman tentang data nilai tukar petani di Provinsi Sumatera Barat, Bengkulu dan Jambi. Statistika deskriptif dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. STATISTIKA DESKRIPTIF DATA NILAI TUKAR PETANI

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Maximum
Bengkulu	84	97.541	0.433	3.969	91.640	104.610
Sumbar	84	101.31	0.408	3.74	95.71	107.02
Jambi	84	100.02	0.358	3.28	94.72	104.99

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa data nilai tukar petani dari bulan Januari 2011 sampai Desember 2017 memiliki nilai rata-rata terbesar di Provinsi Sumatera Barat dan terkecil di Provinsi Bengkulu. Sebaran data di Provinsi Bengkulu lebih besar dari Provinsi Sumatera Barat dan Jambi, hal ini dikarenakan Bengkulu memiliki simpangan baku terbesar. Nilai tukar petani tertinggi berada di Sumatera Barat, sedangkan nilai tukar petani terendah di Bengkulu.

B. Korelasi Data Nilai Tukar Petani Di 3 Provinsi.

Dalam melihat besarnya satu hubungan satu lokasi terhadap lokasi lain pada suatu waktu, maka dapat dilihat melalui korelasi antar lokasi.

Tabel 2. Korelasi Antar Provinsi

	Bengkulu	Sumbar
Sumbar	0.937	
	0.000	
Jambi	0.787	0.812
	0.000	0.000

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai korelasi tertinggi antara Provinsi Sumatra Barat dan Bengkulu yaitu sebesar 0,937. Hal ini menunjukkan bahwa Sumatera Barat dan Bengkulu heterogen, selanjutnya nilai korelasi Sumatera Barat dan Jambi sebesar 0.812. Nilai korelasi rendah antara lokasi Bengkulu dan Jambi sebesar 0.787. Ketiga lokasi memiliki nilai korelasi tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa adanya keterkaitan antar ketiga lokasi. Oleh karena itu data nilai tukar petani di ketiga daerah dapat digunakan untuk menerapkan model GSTAR.

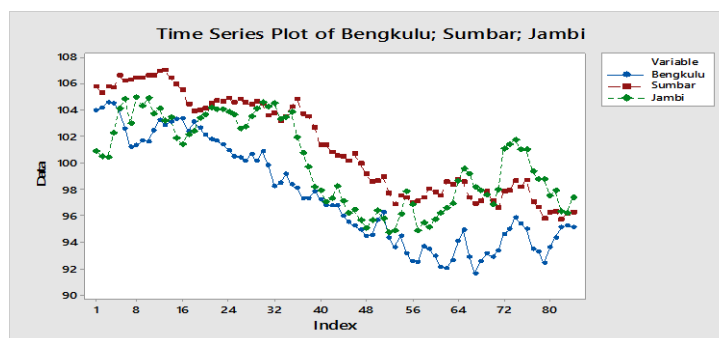
C. Uji Heterogenitas Lokasi

Dalam penerapan model GSTAR data yang digunakan harus memenuhi asumsi karakteristik heterogen, hal itu yang membedakan model GSTAR dengan model STAR. Model STAR digunakan untuk data yang memiliki karakteristik homogen.

Tabel 3. Heterogen Lokasi

Nilai G	
$G_{Bengkulu}$	1.001322751
$G_{Sumatera\ barat}$	1.001322751
G_{Jambi}	1.001322751

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa nilai G (indeks Gini) lebih dari 1 maka H_0 ditolak yang artinya lokasi heterogen.



Gambar 1. Plot Time Series Data Nilai Tukar Petani

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa plot time series pada ketiga lokasi tidak mengalami pola musiman di masing-masing lokasi. Dalam plot runtun waktu Sumatera Barat memiliki nilai tukar petani tertinggi kemudian di susul oleh Jambi dan Bengkulu.

D. Kestasioneran Data Nilai Tukar Petani Di 3 Provinsi Pulau Sumatera

Langkah utama dalam menerapkan model GSTAR pada data nilai tukar petani yaitu dengan menguji kestasioneran data. Dalam menguji kestasioneran data menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller*. Kestasioneran dapat dilihat melalui tabel di bawah ini.

Tabel 4. ADF Test Data Nilai Tukar Petani

Lokasi	Bengkulu	Sumatera Barat	Jambi
ADF	-0.98165	-2.2939	-1.9244
Nilai p	0.9356	0.4553	0.6069

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa nilai p untuk ketiga lokasi $> \alpha = 0,05$ sehingga H_0 diterima yang berarti data tidak stasioner atau mengandung *unit root*. Oleh karena itu data perlu distasionerkan dengan menggunakan *differencing*. Proses *differencing* ini mengurangi data pada suatu periode dengan periode sebelumnya sehingga diperoleh data yang bersifat stasioner. Setelah tahapan *differencing*, data sudah stasioner, terlihat pada Tabel 5.

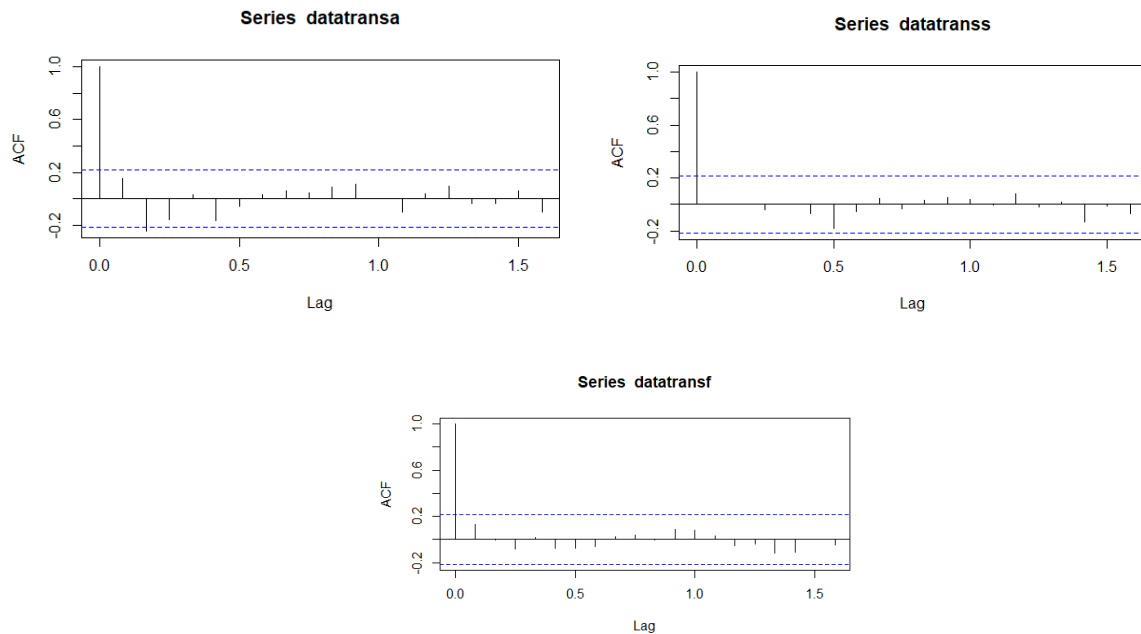
Tabel 5. ADF Test *Differencing* Data Nilai Tukar Petani

Lokasi	Bengkulu	Sumatera Barat	Jambi
ADF	-5.7533	-4.1237	-4.4085
Nilai p	0.01	0.01	0.01

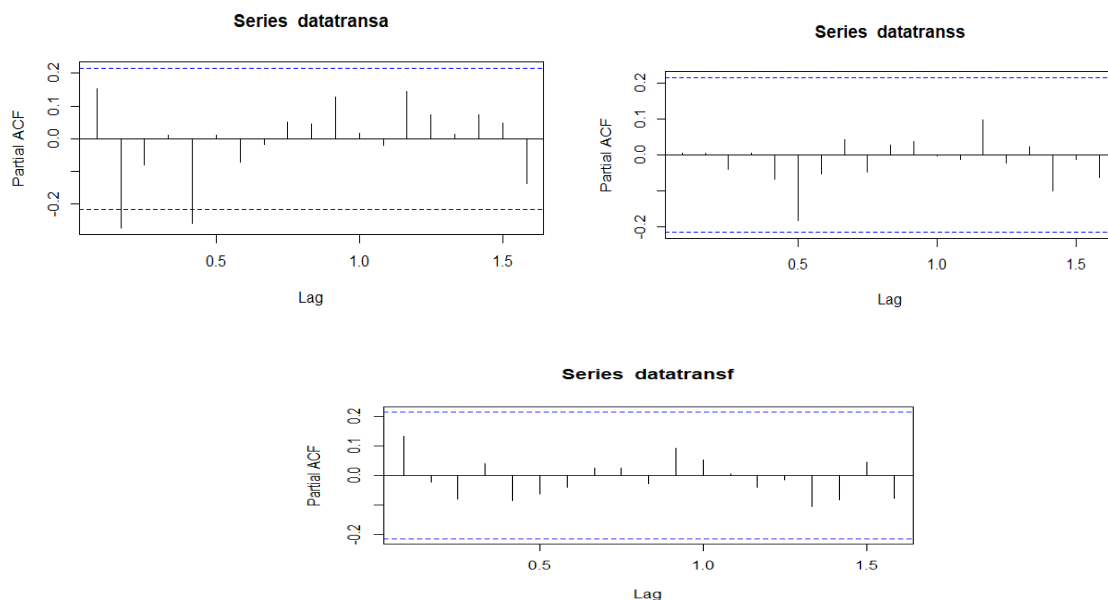
Berdasarkan Tabel 5, terlihat bahwa nilai p untuk ketiga lokasi $< \alpha = 0,05$ sehingga H_0 ditolak yang berarti data sudah stasioner atau tidak mengandung *unit root*.

E. Identifikasi Model GSTAR

Dalam menerapkan model GSTAR, mengidentifikasi model sangat diperlukan untuk mendapatkan model yang sesuai digunakan plot dari ACF dan PACF yang sudah di *differencing* di masing-masing lokasi, sesuai dengan gambar di bawah ini.



Gambar 2. Plot ACF Ketiga Lokasi



Gambar 3. Plot PACF Ketiga Lokasi

Dalam mengidentifikasi orde *autoregressive* model GSTAR, dapat dilakukan dengan menggunakan plot PACF berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa Jambi memotong di *lag* ke-1. Menurut Wutsqa (2010) dalam mengidentifikasi orde *autoregressive* model GSTAR menggunakan orde dari model

VAR. Dalam hal ini untuk memperoleh model yang sesuai ditentukan dari panjang *lag* optimal berdasarkan nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC) terkecil.

Tabel 6. Nilai AIC masing-masing *lag* pada model VAR

<i>Lag</i>	1	2	3	4	5
AIC	-1.9529375*	-1.8890657	-1.7393271	-1.6892915	-1.6202703

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa nilai AIC terkecil terletak pada *lag* ke -1. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa orde *autoregressive* model GSTAR adalah 1. Setelah menentukan orde *autoregressive*, langkah selanjutnya yaitu menentukan orde spasial dari model GSTAR. Menurut Wutsqa (2010) model GSTAR memiliki orde spasial 1 karena orde tinggi sulit diinterpretasikan. Berdasarkan pernyataan di atas, maka model GSTAR adalah GSTAR $(1_1)I(1)$.

F. Perhitungan Pembobot Normalisasi Korelasi Silang

Matriks pembobot lokasi normalisasi korelasi silang merupakan pembobot lokasi dengan menggunakan hasil normalisasi korelasi silang antar lokasi. Perhitungan pembobot lokasi normalisasi korelasi silang dapat dilihat pada matriks berikut.

$$W^1(1) = \begin{bmatrix} 0 & 0,543371872 & 0,456628128 \\ 0,534176366 & 0 & 0,465823634 \\ 0,502806427 & 0,49719353 & 0 \end{bmatrix}$$

G. Estimasi Parameter Model GSTAR $(1_1)I(1)$ dengan Pembobot Normalisasi Korelasi Silang

Estimasi parameter model GSTAR $(1_1)I(1)$ dengan pembobot lokasi normalisasi korelasi silang dilakukan dengan metode kuadrat terkecil dan disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 7. Hasil Estimasi Parameter GSTAR $(1_1)I(1)$ dengan pembobot normalisasi korelasi silang

Parameter	Estimasi	Std. Error	<i>t-value</i>	<i>p-value</i>	Kesimpulan
ϕ_{10}^1	0.090	0.109	0.82	0.411	Tidak Signifikan
ϕ_{10}^2	0.443	0.131	3.38	0.001	Signifikan
ϕ_{10}^3	0.017	0.141	0.12	0.906	Tidak Signifikan
ϕ_{11}^1	0.426	0.120	3.56	0.000	Signifikan
ϕ_{11}^2	0.1138	0.0835	1.36	0.174	Tidak Signifikan
ϕ_{11}^3	0.545	0.143	3.82	0.000	Signifikan

Oleh karena terdapat parameter yang tidak signifikan, semua parameter diestimasi kembali dengan menggunakan regresi *stepwise* untuk memperoleh modelnya. Tabel di bawah ini menunjukkan hasil estimasi parameter dan uji signifikansi dengan $\alpha = 0,05$

Tabel 8. Hasil Estimasi Parameter GSTAR $(1_1)I(1)$ dengan pembobot normalisasi korelasi silang menggunakan regresi *stepwise*

Parameter	Estimasi	Std. Error	<i>t-value</i>	<i>p-value</i>	Kesimpulan
ϕ_{10}^2	0.464	0.129	3.60	0.000	Signifikan
ϕ_{11}^1	0.426	0.120	3.56	0.000	Signifikan
ϕ_{11}^3	0.556	0.142	3.90	0.000	Signifikan

$$\widehat{Z}_a = 0.231476 Z_b(t-1) + 0.194524 Z_c(t-1) \quad (1)$$

$$\widehat{Z}_b = 0.464 Z_b(t-1) \quad (2)$$

$$\widehat{Z}_c = 0.27956 Z_a(t-1) + 0.27644 Z_b(t-1) \quad (3)$$

Model GSTAR $(1_1)I(1)$ dengan pembobot normalisasi korelas silang pada persamaan (1), (2), (3) diatas, digunakan untuk memprediksi nilai tukar petani bulan Januari 2018-Desember 2018. Persamaan (1) menunjukkan bahwa nilai tukar petani Provinsi Bengkulu (Z_a) dipengaruhi oleh nilai tukar petani di Provinsi Sumatera Barat dan Jambi untuk satu periode sebelumnya. Pada persamaan (2) diperoleh hasil bahwa nilai tukar petani Provinsi Sumatera Barat dipengaruhi oleh nilai tukar petani satu periode sebelumnya. Nilai tukar petani Provinsi Jambi dipengaruhi oleh nilai tukar petani Provinsi Bengkulu dan Sumatera Barat.

H. Pengujian Residu Model GSTAR $(1_1)I(1)$

Pemeriksaan asumsi residu *white noise* ini menggunakan uji Ljung-Box (LB). Berikut hasil uji LB dan normalitas untuk model GSTAR $(1_1)I(1)$ dengan pembobot lokasi normalisasi korelasi silang disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 7. Hasil Pengujian Residu Model

Pembobot Lokasi Normalisasi Korelasi Silang	<i>White Noise</i>	Normalitas
Nilai p	0.3859	0.7503

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa nilai p untuk uji *white noise* dan normalitas $> \alpha = 0,05$, hal ini berarti bahwa tidak terdapat autokorelasi antar data dan residu data berdistribusi normal multivariat.

I. Validasi Model GSTAR $(1_1)I(1)$

Root Mean Square Error (RMSE) digunakan sebagai pengukuran kebaikan model dan ketepatan ramalan pada data nilai tukar petani di ketiga lokasi di masa yang akan datang.

Tabel 8. Nilai RMSE dengan Pembobot Normalisasi Korelasi Silang

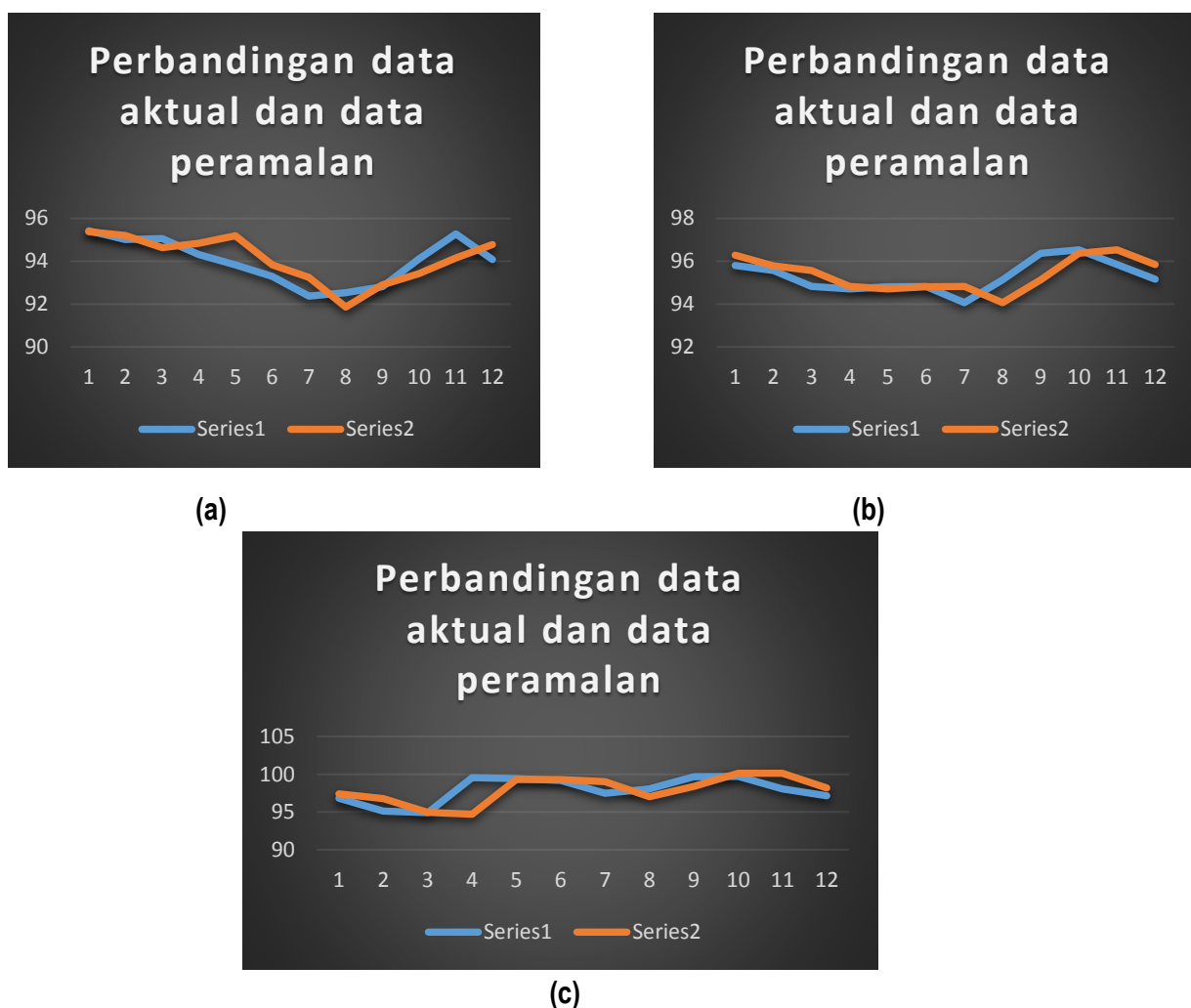
Pembobot Lokasi Normalisasi Korelasi Silang	Nilai RMSE
	1.161063

J. Peramalan

Pada penelitian ini dalam meramalkan banyaknya data nilai tukar petani di ketiga lokasi model yang digunakan adalah GSTAR $(1_1)I(1)$ dengan pembobot lokasi normalisasi korelasi silang. Model tersebut digunakan untuk peramalan selama 5 waktu yang akan datang. Hasil ramalan 5 waktu ke depan disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 9. Hasil Peramalan Model GSTAR $(1_1)I(1)$

Waktu	Bengkulu	Sumatera Barat	Jambi
Januari 2019	93.73743	95.867459	96.60658
Februari 2019	93.59149	95.716989	96.31556
Maret 2019	93.52933	94.634526	96.15375
April 2019	93.50284	94.567465	96.06379
Mei 2019	93.49156	94.436171	87.2764



Gambar 4. Nilai peramalan dan aktual dari nilai tukar petani (a). Provinsi Bengkulu, (b). Provinsi Sumatera Barat, (c). Provinsi Jambi

Gambar 4. (a) menunjukkan bahwa nilai aktual dari nilai tukar petani di Provinsi Bengkulu pada bulan Januari 2018 sebesar 95,42 yang berbeda dengan nilai peramalannya sebesar 95,38. Pada bulan September 2018 nilai aktual dan peramalannya bernilai sama yaitu sebesar 92,8. Di Provinsi Sumatera Barat nilai aktual dari nilai tukar petani bulan Januari 2018 sebesar 95,81 yang berbeda dengan nilai peramalannya yaitu sebesar 96,28. Pada bulan Juni 2018 nilai aktual dan peramalannya sama yaitu sebesar 94,82 yang terlihat pada Gambar 4. (b). Pada Gambar 4. (c) di Provinsi Jambi nilai aktual dari nilai tukar petani bulan Januari 2018 sebesar 96,81 yang berbeda dengan nilai peramalannya sebesar 97,34 sedangkan pada bulan Mei 2018 nilai aktual dan peramalannya sama yaitu sebesar 99,43. Hal ini menunjukkan bahwa pada periode awal nilai aktual dari nilai tukar petani berbeda dengan nilai peramalannya akan tetapi pada periode selanjutnya nilai peramalannya mendekati nilai aktual. Apabila terjadi perbedaan diperkirakan adanya pengaruh dari luar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, bahwa langkah-langkah sistematis pemodelan data runtun waktu dan lokasi menggunakan model *Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR)* dengan pembobot lokasi normalisasi korelasi silang yaitu: statistik deskriptif, uji heterogen lokasi, uji stasioneritas,

identifikasi orde *autoregressive* (p), menentukan orde spasial (λ_k), menghitung pembobot lokasi dengan menggunakan pembobot lokasi normalisasi korelasi silang, estimasi parameter pembobot lokasi, pengujian residu white noise dan normalitas, uji kecukupan model dan terakhir peramalan. Model GSTAR $(1_1)I(1)$ dengan pembobot lokasi normalisasi korelasi silang dengan persamaan sebagai berikut:

$$\widehat{Z}_a = 0.231476 Z_b(t-1) + 0.194524 Z_c(t-1)$$

$$\widehat{Z}_b = 0.464 Z_b(t-1)$$

$$\widehat{Z}_c = 0.27956 Z_a(t-1) + 0.27644 Z_b(t-1)$$

Model GSTAR yang dapat digunakan untuk peramalan data nilai tukar petani di ketiga lokasi adalah model GSTAR $(1_1)I(1)$ menggunakan pembobot lokasi normalisasi korelasi silang karena memenuhi asumsi white noise dan normalitas dengan RMSE sebesar 1.161063 dan nilai MAPE sebesar 0.82%. Hal yang disarankan oleh penulis untuk peneliti selanjutnya adalah dapat dikembangkan dengan menerapkan model GSTAR pada kasus lain seperti indeks harga konsumen. Selain itu, penelitian ini dapat dikembangkan dengan pembobot lokasi lain seperti pembobot lokasi biner, seragam dan invers jarak. Oleh karena keterbatasan data, maka peneliti lain dapat menambahkan periode maupun menambahkan jumlah lokasi atau wilayah penelitian karena dimungkinkan dengan sampel yang banyak akan lebih bisa menjelaskan nilai sebenarnya sehingga dapat digunakan untuk peramalan di masa mendatang.

REFERENSI

- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2012). *Distribusi Persentase PDRB Menurut Provinsi dan Lapangan Usaha Wilayah Sumatera*. Jakarta. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jambi. (2006). *Jambi Dalam Angka*. Jambi
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat. (2016). *Sumatera Barat dalam Angka Tahun 2016*. Padang. Badan Pusat Statistik Sumatera Barat.
- Badan Pusat Statistik Jakarta Pusat. (2018). *Statistik Pertanian Indonesia 2018*. Jakarta. Badan Pusat Statistik.
- Bhattacharyya, G. and Johnson, R. (2010). *Statistical Concepts and Methods 6th Edition*. John Wiley, New York.
- Borovkova, S., Lopuhaä, H.P., and Ruchjana, B.N. (2008). Consistency and Asymptotic Normality of Least Squares Estimators in Generalized STAR Models. *Statistica Neerlandica*. Vol.62, 482-508.
- Gurajati, D. (2006). *Ekonometrika Dasar*. Jakarta. Erlangga.
- Hanke, J. E. and Wichern, D.W. (2005). *Business Forecasting, Eight Edition*. Texas A&M University, Texas.
- Karlina, H.W., Cahyandari, R., Awalludin, A.S. (2014). Aplikasi Model GSTAR Pada Data Jumlah TKI di Jawa Barat Dengan Pemilihan Lokasi Berdasarkan Kluster DBSCAN. *Jurnal Matematika Integratif*, Vol. 10 No. 1, 37-48. doi: 10.24198/jmi.v10.n1.10183.37-48
- Suhartono dan Atok, R.M. (2006). *Pemilihan Bobot Lokasi yang Optimal pada Model GSTAR*. Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- Wutsqa, D.U., Suhartono, dan Sutijo B. (2010). Generalized Space Time Autoregressive Modelling. *Proceedings of the 6th IMT-GT Conference on Mathematics, Statistics and its Application*. Kuala Lumpur: University Tuanku Abdul Rahman.