

PEMODELAN *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE WITH EXOGENOUS VARIABLES (GSTAR-X)* UNTUK BANYAKNYA WISATAWAN MANCANEGARA DI PROVINSI BALI, JAWA TIMUR, DAN JAWA TENGAH

GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE WITH EXOGENOUS VARIABLES (GSTAR-X) MODELING FOR MANY FOREIGN TOURISM IN THE BALI, EAST JAVA, AND CENTRAL JAVA PROVINCE

Nanda Santika Putri^{1*}, Sri Sulistijowati Handajani¹, Respatiwan¹

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret,
Jl. Ir. Sutami No. 36 Ketingan, Surakarta, Indonesia
Email korespondensi: nandasantika30@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Pariwisata adalah sektor yang mendukung ekonomi Indonesia. Kedatangan wisatawan mancanegara sangat berpengaruh terhadap perekonomian di Indonesia. Wisatawan mancanegara yang datang ke Indonesia dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika. Semakin tinggi nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika membuat biaya pariwisata ke Indonesia menjadi mahal sehingga menyebabkan minat wisatawan mancanegara menurun. Oleh karena itu pemerintah harus membuat strategi pelayanan yang baik agar minat wisatawan mancanegara tinggi untuk datang ke Indonesia. Strategi yang dapat dilakukan adalah perencanaan ke depan dengan menghitung jumlah wisatawan mancanegara pada periode selanjutnya menggunakan metode *Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR-X)*. Model *GSTAR-X* adalah metode yang digunakan untuk meramalkan data yang memiliki keterkaitan waktu dan lokasi yang memiliki karakteristik heterogen dengan dipengaruhi oleh variabel eksogen. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan model *GSTAR-X* dengan pembobot lokasi seragam dan *invers* jarak pada data jumlah wisatawan mancanegara yang dipengaruhi nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika di Provinsi Bali, Jawa Timur, dan Jawa Tengah. Berdasarkan analisis data, model *GSTAR-X*(2;1)-I(1) dengan pembobot lokasi seragam dan *invers* jarak memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal multivariat. Model *GSTAR-X*(2;1)-I(1) dengan pembobot lokasi *invers* jarak adalah model terbaik karena memiliki *RMSE* lebih kecil yaitu 0,3064. Model *GSTAR-X* terbaik menjelaskan bahwa jumlah wisatawan mancanegara Provinsi Bali dan Jawa Timur hanya dipengaruhi periode sebelumnya, sedangkan jumlah wisatawan mancanegara Provinsi Jawa Tengah dipengaruhi oleh periode sebelumnya, lokasi lain, dan nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika.

Kata kunci: *GSTAR-X*; *RMSE*; wisatawan mancanegara; *invers* jarak

ABSTRACT

Tourism is a sector that supports the Indonesian economy improvement. The arrival of foreign tourists greatly affects the economy in Indonesia. Foreign tourists who come to Indonesia can be influenced by several factors. One of them is the rupiah exchange rate against the US dollar. The higher than rupiah exchange rate against than the US dollar causes the cost of tourism to Indonesia become expensive, and the interest of foreign tourists to decline. Therefore, the government must make a good service strategy so that the interest of foreign tourists is high to come to Indonesia. In implementing this strategy, forward planning is carried out by forecasting the number of foreign tourists in the next period using the *Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR-X)* method. The *GSTAR-X* model is a method used to

predict data that has a relationship between time and location that has heterogeneous characteristics influenced by exogenous variables. This research aims to apply the GSTAR-X model with weighting uniform location and inverse of distance on foreign tourist data that is influenced by the rupiah exchange rate against the US dollar in Bali, East Java, and Central Java Province. Based on data analysis, the GSTAR-X (2; 1) -I (1) model with weighting uniform location and inverse of distance fulfills the assumption of white noise and has a multivariate normal distribution. The GSTAR-X (2; 1) -I (1) model with Weights location inverse distance is the best model because it has a smaller RMSE, namely 0,3064. The best GSTAR-X model explains that the number of foreign tourists in Bali and East Java Province is only influenced by the previous period, whereas for the number of foreign tourists in Central Java Province is influenced by the previous period, other location, and the rupiah exchange rate against the US dollar.

Keywords: GSTAR-X; RMSE; foreign tourists; inverse distance

1. Pendahuluan

Pariwisata merupakan salah satu sektor yang mendukung ekonomi Indonesia. Banyak aktivitas ekonomi yang dapat dilakukan dalam kegiatan pariwisata, misalnya membuka jasa mulai transportasi, tempat tinggal, makanan, minuman, dan jasa bersangkutan lainnya. Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki beberapa kelebihan karena memiliki keadaan alam yang indah dan budaya beraneka ragam yang menjadi daya tarik tersendiri bagi wisatawan lokal maupun mancanegara.

Semakin banyak wisatawan mancanegara yang datang ke Indonesia dapat meningkatkan devisa negara, pendapatan daerah, pengembangan wilayah, serta pengembangan usaha yang tersebar di berbagai wilayah di Indonesia. Senada dengan hal tersebut, pemerintah harus menyiapkan pelayanan yang baik dalam sektor pariwisata. Dengan demikian diharapkan agar wisatawan mancanegara yang datang ke Indonesia semakin banyak dan meningkat setiap tahunnya.

Beberapa wilayah di Indonesia, seperti Provinsi Bali, Jawa Timur, dan Jawa Tengah adalah wilayah yang menjadi minat wisatawan mancanegara karena keindahan dan objek wisata serta karakteristiknya yang berbeda. Menurut Badan Pusat Statistik Provinsi Bali dalam kurun waktu 2012 hingga 2018 wisatawan mancanegara yang datang ke Bali setiap tahunnya mengalami peningkatan. Sedangkan untuk Provinsi Jawa Timur dan Jawa Tengah, menurut data Badan Pusat Statistik jumlah wisatawan mancanegara tidak menunjukkan peningkatan untuk setiap tahunnya atau ada beberapa tahun yang mengalami penurunan.

Menurut Kementerian Keuangan (2012), wisatawan mancanegara yang datang ke Indonesia dipengaruhi oleh nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika. Naik atau turunnya nilai

tukar rupiah terhadap dolar Amerika dapat menyebabkan perekonomian Indonesia tidak stabil. Apabila nilai tukar rupiah mengalami penurunan, maka wisatawan mancanegara yang datang ke Indonesia akan meningkat karena dengan menurunnya nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika membuat biaya pariwisata menjadi lebih murah.

Berdasarkan skala pengukurannya, jumlah wisatawan dapat dimodelkan dengan metode *Generalized Space Time Autoregressive with Exogenous Variables (GSTAR-X)*. Metode GSTAR-X digunakan apabila terdapat variabel eksogen yang berpengaruh terhadap variabel endogen dengan mempertimbangkan efek lokasi (Wahyuningsih dkk., 2019). Selain itu metode lain yang digunakan tanpa mempertimbangkan variabel eksogen adalah dengan menerapkan algoritma *backpropagation* (Pranata dkk., 2018).

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, jumlah wisatawan mancanegara memiliki keterkaitan antar waktu sebelumnya dan lokasi. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan *Generalized Space Time Autoregressive with Exogenous Variables (GSTAR-X)* untuk banyaknya wisatawan mancanegara di Provinsi Bali, Jawa Timur, dan Jawa Tengah dengan variabel eksogen nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika.

Berdasarkan uraian sebelumnya, merupakan hal penting untuk mengetahui bagaimana pemodelan GSTAR-X dengan melihat pengaruh variabel eksogen terhadap banyaknya wisatawan mancanegara yang datang ke Provinsi Bali, Jawa Timur, dan Jawa Tengah? Bagaimana hasil peramalan jumlah wisatawan mancanegara yang datang ke Provinsi Bali, Jawa Timur, dan Jawa Tengah dengan menggunakan model GSTAR-X?

2. Metode Penelitian

2.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian

Pada penelitian ini digunakan data sekunder jumlah wisatawan mancanegara dari tiga provinsi di Indonesia, yaitu Provinsi Bali, Jawa Timur, dan Jawa Tengah serta nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Perdagangan.

Data yang didapat sebanyak 84 data dari Januari 2012 sampai Desember 2018 dan dibagi menjadi dua jenis data, yaitu data *training* dan *testing*. Data *training* adalah data bulanan dari Januari 2012 sampai Juni 2017 yang digunakan untuk memodelkan data. Sedangkan data *testing* adalah data bulanan dari Juli 2017 sampai Desember 2018 yang digunakan untuk mengecek validasi model. Berikut adalah tahapan analisis data yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian.

1. Melakukan deskripsi data
2. Menghitung koefisien korelasi antar lokasi
3. Menguji keheterogenan lokasi dengan melihat nilai indeks Gini
4. Pengujian kestasioneran data dengan metode *Augmented Dickey Fuller Test (ADF)*
5. Menentukan orde *VARX(p)* dengan nilai *AIC* terkecil
6. Menghitung pembobot lokasi, yaitu bobot seragam dan *invers* jarak untuk setiap lokasi
7. Menentukan estimasi parameter model *GSTAR-X* dengan pembobot lokasi yang ditentukan
8. Melakukan uji asumsi *white noise* dengan uji Ljung-Box dan normal multivariat dengan uji Kolmogorov-Smirnov
9. Melakukan validasi model dengan membandingkan nilai *RMSE* terkecil
10. Meramalkan data dengan model terbaik

2.2 Metode Analisis

Indeks Gini

Indeks Gini adalah suatu koefisien yang menunjukkan tingkat ketidakmerataan suatu pengamatan untuk menguji keheterogenan lokasi (Karlina dkk., 2014). Nilai indeks Gini dibagi menjadi beberapa kriteria, yaitu 0 untuk pemerataan sempurna dan 1 untuk pemerataan tidak sempurna. Berikut uji hipotesis heterogenitas.

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

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

Statistik uji :

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

dengan G_i merupakan indeks Gini variabel ke- i , z_i merupakan variabel ke- i yang diamati, $\bar{z}_i$ merupakan rata-rata nilai variabel ke- i yang diamati, n merupakan ukuran sampel, n_i merupakan ukuran sampel variabel ke- i . H_0 ditolak jika nilai G_i lebih dari 1.

Uji *Augmented Dickey Fuller (ADF)*

Augmented Dickey Fuller (ADF) merupakan pengujian stasioneritas dengan melihat data runtun waktu mengandung akar unit (*unit root*) atau tidak. Langkah-langkah pengujian akar unit menggunakan metode *Augmented Dickey Fuller Test (ADF)* sebagai berikut.

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

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

Statistik uji :

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\phi} - 1}{SE(\hat{\phi})} \quad (2)$$

H_0 ditolak jika $|t_{hitung}| > t_{(\frac{\alpha}{2}, n-K)}$ atau $p - value < \alpha$ dengan K adalah banyak parameter dalam model.

Model *Vector Autoregressive-X (VARX)*

Model *Vector Autoregressive-X (VARX)* adalah suatu model persamaan yang mempertimbangkan beberapa variabel endogen/dependen yang dipengaruhi satu atau lebih variabel eksogen/independen. Bentuk umum model *VARX* dengan orde p atau *VARX(p)* sebagai berikut.

$$\mathbf{Z}_N(t) = \phi_0 + \phi_1 \mathbf{Z}_N(t-1) + \phi_2 \mathbf{Z}_N(t-2) + \dots + \phi_k \mathbf{Z}_N(t-k) + \gamma \mathbf{X}_N(t) + \mathbf{e}(t) \quad (3)$$

dengan $\mathbf{Z}_N(t)$ merupakan vektor variabel runtun waktu pada waktu ke- t yang berukuran $(N \times 1)$, ϕ_0 merupakan vektor konstanta berukuran $(N \times 1)$, ϕ_k merupakan matriks parameter *autoregressive* berukuran $(N \times N)$, γ merupakan matriks parameter X berukuran $(N \times N)$, $\mathbf{Z}_N(t-k)$ merupakan vektor variabel runtun waktu pada waktu ke- $t-k$ yang berukuran $(N \times 1)$, $\mathbf{X}_N(t)$ merupakan vektor dari variabel eksogen pada waktu ke- t ($N \times 1$) dan $\mathbf{e}(t)$ merupakan nilai residual pada waktu ke- t yang berukuran $(N \times 1)$.

Model Generalized Spaced Time Autoregressive (GSTAR)

Model *Generalized Spaced Time Autoregressive* (GSTAR) merupakan pemodelan yang digunakan untuk meramalkan data runtun waktu dan mempunyai keterkaitan antar lokasi. Persamaan model $GSTAR(p; \lambda_1, \dots, \lambda_p)$ dengan orde *autoregressive* p dan orde spasial $\lambda_1, \dots, \lambda_p$ adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{Z}_N(t) = \sum_{k=1}^p (\phi_{k0} + \sum_{l=1}^{\lambda_p} \phi_{kl} \mathbf{W}^{(l)}) \mathbf{Z}_N(t-k) + \mathbf{e}(t) \quad (4)$$

dengan $\mathbf{Z}_N(t)$ merupakan vektor variabel runtun waktu pada waktu ke- t yang berukuran $(N \times 1)$, $\phi_{k0} = \text{diag}(\phi_{k0}^1, \dots, \phi_{k0}^n)$ dan $\phi_{kl} = \text{diag}(\phi_{kl}^1, \dots, \phi_{kl}^2)$ merupakan matriks parameter *autoregressive*, $\mathbf{Z}_N(t-k)$ merupakan vektor variabel runtun waktu pada waktu ke- $t-k$ yang berukuran $(N \times 1)$, $\mathbf{W}^{(l)}$ merupakan matriks pembobot lokasi untuk lokasi ke l yang mempunyai diagonal sama dengan nol, dan $\mathbf{e}(t)$ merupakan nilai residual pada waktu ke- t yang berukuran $(N \times 1)$.

Pembobot Lokasi Biner

Bobot seragam mengasumsikan bahwa lokasi antar pengamatan bersifat homogen dengan memberikan nilai bobot yang sama untuk setiap lokasi. Penentuan bobot lokasi seragam didefinisikan sebagai berikut.

$$w_{ij} = \frac{1}{n_i} \quad (5)$$

dengan n_i adalah banyaknya lokasi yang berdekatan dengan lokasi lokasi i .

Pembobot Lokasi Invers Jarak

Pembobot lokasi *invers* jarak dilakukan berdasarkan jarak sebenarnya antar lokasi pada penelitian. Perhitungan bobot untuk jarak dari lokasi i ke lokasi j dengan metode *invers* jarak adalah sebagai berikut.

$$w_{ij} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{d_{ij}}} \quad (6)$$

untuk $i \neq j$ dan $w_{ij} = 0$ untuk $i = j$. Dalam menentukan nilai w_{ij} dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$$

dengan d_{ij} adalah jarak lokasi ke- i dan ke- j , serta $(u_i - u_j)$ dan $(v_i - v_j)$ merupakan koordinat garis lintang dan bujur.

Estimasi Parameter GSTAR

Parameter model GSTAR dapat diestimasi dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*Ordinary Least Square / OLS*). Misal model $GSTAR(1;1)$ dengan lokasi adalah N sebagai berikut.

$$\mathbf{Z}_N(t) = [\phi_{10} + \phi_{11} \mathbf{W}^{(1)}] \mathbf{Z}_N(t-1) + \mathbf{e}(t) \quad (7)$$

Metode *Ordinary Least Square (OLS)* dapat digunakan sebagai penaksir parameter pada model linear, maka persamaan (8) dapat dibentuk menjadi model linear sebagai berikut.

$$\mathbf{Z}_i = \mathbf{X}_i \phi + \mathbf{e}_i \quad (8)$$

atau

$$\mathbf{Z}_i = \begin{bmatrix} Z_i(1) \\ Z_i(2) \\ \vdots \\ Z_i(T) \end{bmatrix}, \mathbf{X}_i = \begin{bmatrix} Z_i(1) & V_i(1) \\ Z_i(2) & V_i(2) \\ \vdots & \vdots \\ Z_i(T-1) & V_i(T-1) \end{bmatrix}, \mathbf{e}_i = \begin{bmatrix} e_{i,1} \\ e_{i,2} \\ \vdots \\ e_{i,t} \end{bmatrix}$$

$$V_i(t) = \sum_j^M w_{ij} Z_j, \forall i \neq j, \mathbf{X} = \text{diag}(\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_N)$$

$\phi_{(2N \times 1)} = (\phi_{i0}^{(1)}, \phi_{i1}^{(1)}, \dots, \phi_{i0}^{(N)}, \phi_{i1}^{(N)})$. Estimasi parameter model dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square (OLS)* adalah $\hat{\phi} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{Z}$.

Model Generalized Space Time Autoregressive with Exogenous Variables (GSTAR-X)

Model *Generalized Space Time Autoregressive with Exogenous Variables* (GSTAR-X) merupakan pengembangan dari model GSTAR dengan dipengaruhi satu variabel eksogen di dalam model. Bentuk umum dari $GSTAR-X(p; \lambda_1, \dots, \lambda_k)$ adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{Z}_N(t) = \sum_{k=1}^p (\phi_{k0} + \sum_{l=1}^{\lambda_k} \phi_{kl} \mathbf{W}^{(l)}) \mathbf{Z}_N(t-k) + \gamma \mathbf{X}_N(t) + \mathbf{e}(t) \quad (9)$$

dengan $\mathbf{Z}_N(t)$ merupakan vektor variabel runtun waktu pada waktu ke- t yang berukuran $(N \times 1)$, $\phi_{k0} = \text{diag}(\phi_{k0}^1, \dots, \phi_{k0}^n)$ dan $\phi_{kl} = \text{diag}(\phi_{kl}^1, \dots, \phi_{kl}^2)$ merupakan matriks parameter *autoregressive*, $\mathbf{Z}_N(t-k)$ merupakan vektor variabel runtun waktu pada waktu ke- $t-k$ yang berukuran $(N \times 1)$, $\mathbf{W}^{(l)}$ merupakan matriks pembobot lokasi untuk lokasi ke l yang mempunyai diagonal sama dengan nol, γ merupakan matriks parameter X berukuran $(N \times N)$, dan $\mathbf{e}(t)$ merupakan nilai residual pada waktu ke- t yang berukuran $(N \times 1)$.

Uji Kesesuaian Model

Asumsi dasar yang harus terpenuhi dalam uji kesesuaian model adalah asumsi residual bersifat *white noise* dan berdistribusi normal (Wei, 2006). Asumsi residual bersifat *white noise* dapat menggunakan uji *Ljung-Box* dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ (tidak terdapat autokorelasi antar residual)

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

Statistik uji :

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

dengan k adalah lag $(1,2,\dots,k)$, n adalah jumlah residual, dan $\hat{\rho}_k$ adalah autokorelasi residual. H_0 ditolak jika $Q^* > \chi_{\alpha,k-m}^2$ atau $p\text{-value} < \alpha$, dengan m merupakan nilai dari $p+q$ yang merupakan orde model *autoregressive* dan *moving average*.

Selanjutnya asumsi residual berdistribusi normal menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Tahapan dalam pengujian kenormalan residual adalah sebagai berikut.

$H_0 : \text{residual berdistribusi normal}$

$H_1 : \text{residual tidak berdistribusi normal}$

Statistik uji :

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

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

Validasi Model

Validasi model digunakan sebagai pengukuran kebaikan model dan ketepatan peramalan data. Hal ini dapat dilakukan dengan melihat nilai *Root Mean Squared Error (RMSE)* sebagai berikut.

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

dengan M merupakan banyaknya ramalan yang dilakukan, Z_t adalah data sebenarnya pada waktu ke- t , dan $\hat{Z}_t$ adalah data hasil ramalan pada waktu ke- t . Suatu model dikatakan baik dan tepat apabila nilai *RMSE*-nya mendekati nol.

3. Hasil dan Pembahasan

Tahap awal untuk mempermudah penjelasan dan pemahaman tentang data jumlah wisatawan mancanegara di Provinsi Bali, Jawa Timur, dan Jawa Tengah digunakan statistika

deskriptif dari masing-masing data yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Jumlah Wisatawan Mancanegara

Lokasi	Mean	Min.	Maks.
Bali	365411	220700	624366
Jawa Timur	19393	11674	34166
Jawa Tengah	2289	597	9008

Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan bahwa Provinsi Bali memiliki *mean* jumlah wisatawan mancanegara tertinggi yaitu 365411. Sedangkan *mean* jumlah wisatawan mancanegara terendah terdapat di Provinsi Jawa Tengah yaitu 2289.

Selanjutnya untuk mengetahui keterkaitan data jumlah wisatawan mancanegara di tiga lokasi dapat melihat nilai korelasi antar lokasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Korelasi Antar Lokasi

	Bali	Jawa Timur	Jawa Tengah
Bali	1	0,645	0,453
Jawa Timur	0,645	1	0,376
Jawa Tengah	0,453	0,376	1

Dari Tabel 2. menunjukkan bahwa ketiga lokasi memiliki keterkaitan antar satu lokasi dengan lokasi yang lain.

Indeks Gini

Pada penerapan model *GSTAR* dan *GSTAR-X* data yang digunakan harus memenuhi asumsi lokasi yang bersifat heterogen. Maka dari itu diperlukan uji heterogenitas spasial dengan Indeks Gini. Berikut hasil perhitungan Indeks Gini dari ketiga lokasi yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Heterogenitas Indeks Gini

Lokasi	Indeks Gini
Bali	1,001323
Jawa Timur	1,001323
Jawa Tengah	1,001323

Tabel 3. menunjukkan ketiga lokasi memiliki Indeks Gini lebih dari 1 yang berarti bahwa asumsi heterogenitas spasial dari ketiga lokasi terpenuhi sehingga ketiga lokasi tersebut dapat digunakan dalam pemodelan *GSTAR* dan *GSTAR-X*.

Uji Augmented Dickey Fuller (ADF)

Sebelum menerapkan model *GSTAR* dan *GSTAR-X* pada data jumlah wisatawan mancanegara dilakukan uji stasioneritas data. Pengujian stasioneritas dapat dilihat dari hasil uji *Augmented Dickey Fuller (ADF)* pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai $p - value$ Uji *Augmented Dickey Fuller (ADF)*

Lokasi	Nilai $p - value$
Bali	0,3676
Jawa Timur	0,5461
Jawa Tengah	0,1684

Berdasarkan Tabel 4. diperoleh nilai $p - value$ untuk ketiga lokasi lebih dari $\alpha = 0,10$ sehingga H_0 tidak ditolak yang berarti data tidak stasioner. Oleh karena itu perlu dilakukan proses transformasi dan *differencing* untuk mendapatkan data yang stasioner. Berikut hasil data proses transformasi dan *differencing* yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai $p - value$ Uji *Augmented Dickey Fuller (ADF)* Transformasi dan *Differencing*

Lokasi	Nilai $p - value$
Bali	0,01
Jawa Timur	0,01
Jawa Tengah	0,01

Pada Tabel 5. menunjukkan nilai $p - value$ setelah dilakukan proses transformasi dan *differencing* untuk ketiga lokasi kurang dari $\alpha = 0,10$ sehingga dapat disimpulkan bahwa data sudah stasioner.

Identifikasi Model *GSTAR-X*

Penentuan orde model *GSTAR-X* dapat diperoleh dari orde model *VARX* berdasarkan data yang sudah stasioner. Orde model *VARX* diperoleh berdasarkan panjang *lag* optimal dengan nilai *AIC* terkecil. Nilai *AIC* untuk masing-masing *lag* disajikan pada Tabel 6.

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

Lag	1	2	3	4
<i>AIC</i>	-1,917	-1,938	-1,927	-1,894

Dari Tabel 6. terlihat bahwa nilai *AIC* terkecil terletak pada *lag* ke-2 yaitu sebesar -1,938 sehingga dapat disimpulkan bahwa orde *autoregressive* model *GSTAR-X* adalah $p = 2$. Maka persamaan model *GSTAR-X* dengan orde

spasial 1 dan orde *autoregressive* 2 adalah *GSTAR-X*(2;1)-*I*(1).

Penentuan Bobot Lokasi Model *GSTAR*

Pembobot lokasi yang lebih baik digunakan untuk pemodelan *GSTAR* adalah pembobot lokasi yang memberikan nilai residual paling kecil. Pada penelitian ini digunakan dua pembobot untuk model *GSTAR*, yaitu :

1. Bobot Lokasi Seragam

Pada bobot lokasi seragam diasumsikan bahwa suatu lokasi memiliki penaruh yang sama atau homogen terhadap lokasi yang lain. Berdasarkan persamaan (5), maka diperoleh bobot seragam sebagai berikut.

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1/2 & 1/2 \\ 1/2 & 0 & 1/2 \\ 1/2 & 1/2 & 0 \end{bmatrix}$$

2. Bobot Lokasi *Invers* Jarak

Bobot lokasi *invers* jarak merupakan pembobot yang dihitung berdasarkan lokasi sebenarnya. Jarak sebenarnya dari setiap lokasi dapat dilihat dari koordinat garis lintang dan bujur yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Koordinat Lintang dan Bujur Ketiga Lokasi

Lokasi	Lintang	Bujur
Bali	-8,65000	115,2167
Jawa Timur	-7,25045	112,7688
Jawa Tengah	-6,96667	110,4167

Dari Tabel 7. selanjutnya dihitung jarak dari satu lokasi ke lokasi yang lain menggunakan persamaan linear dan dilakukan perhitungan bobot *invers* jarak berdasarkan persamaan (6). Hasil perhitungan *invers* jarak untuk ketiga lokasi adalah sebagai berikut.

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0,764944 & 0,235056 \\ 0,413841 & 0 & 0,586159 \\ 0,178274 & 0,821726 & 0 \end{bmatrix}$$

Estimasi Parameter Model *GSTAR-X*

Proses pembentukan model *GSTAR-X*(2;1)-*I*(1) jumlah wisatawan mancanegara dari ketiga lokasi menggunakan metode *Ordinary Least Square (OLS)* dengan bobot lokasi seragam dan *invers* jarak. Estimasi parameter model *GSTAR-X*(2;1)-*I*(1) dengan pembobot lokasi seragam menghasilkan beberapa parameter yang signifikan seperti Tabel 8.

Tabel 8. Estimasi Parameter Model *GSTAR-X*(2;1)-*I*(1) Bobot Seragam

Parameter	Estimasi	t-hitung	p – value
ϕ_{10}^1	-0,5600	-2,18	0,031
ϕ_{11}^1	0,0260	0,17	0,862
ϕ_{10}^2	-0,1820	-1,07	0,286
ϕ_{11}^2	-0,1650	-1,01	0,312
ϕ_{10}^3	-0,2047	-2,46	0,015
ϕ_{11}^3	-0,4580	-1,57	0,119
ϕ_{20}^1	-0,2600	-0,99	0,325
ϕ_{21}^1	0,0780	0,51	0,607
ϕ_{20}^2	-0,3600	-2,14	0,034
ϕ_{21}^2	0,1940	1,19	0,236
ϕ_{20}^3	-0,1958	-2,33	0,021
ϕ_{21}^3	-0,3440	-1,12	0,266
γ_1	-0,1480	-0,18	0,859
γ_2	0,1060	0,13	0,895
γ_3	-1,2720	-1,58	0,115

Berdasarkan Tabel 8. dapat dibentuk persamaan model *GSTAR-X*(2;1)-*I*(1) dengan pembobot lokasi seragam sebagai berikut.

$$Z_1(t) = -0,560Z_1(t-1) \quad (14)$$

$$Z_2(t) = -0,360Z_2(t-2) \quad (15)$$

$$Z_3(t) = -0,2047Z_3(t-1) - 0,1958Z_3(t-2) \quad (16)$$

Model *GSTAR-X*(2;1)-*I*(1) dengan pembobot lokasi seragam pada persamaan (14), (15), (16) akan digunakan untuk meramalkan jumlah wisatawan mancanegara pada Januari sampai Desember 2019. Persamaan (14) menunjukkan bahwa jumlah wisatawan mancanegara di Provinsi Bali dipengaruhi oleh jumlah wisatawan mancanegara satu periode sebelumnya. Pada persamaan (15) diperoleh hasil bahwa jumlah wisatawan mancanegara di Provinsi Jawa Timur dipengaruhi oleh jumlah wisatawan mancanegara pada dua periode sebelumnya. Sedangkan persamaan (16) menunjukkan bahwa jumlah wisatawan mancanegara di Provinsi Jawa Tengah dipengaruhi oleh jumlah wisatawan mancanegara pada satu periode sebelumnya dan dua periode sebelumnya.

Selanjutnya estimasi parameter model *GSTAR-X*(2;1)-*I*(1) dengan pembobot lokasi *invers* jarak menghasilkan beberapa parameter yang signifikan seperti Tabel 9.

Tabel 9. Estimasi Parameter Model *GSTAR-X*(2;1)-*I*(1) Bobot *Invers* Jarak

Parameter	Estimasi	t-hitung	p – value
ϕ_{10}^1	-0,5580	-2,17	0,031
ϕ_{11}^1	0,0650	0,38	0,706
ϕ_{10}^2	-0,1810	-1,09	0,279

Parameter	Estimasi	t-hitung	p – value
ϕ_{11}^2	-0,0824	-1,03	0,306
ϕ_{10}^3	-0,2127	-2,58	0,011
ϕ_{11}^3	-0,4160	-2,51	0,013
ϕ_{20}^1	-0,2470	-0,92	0,361
ϕ_{21}^1	0,0660	0,40	0,693
ϕ_{20}^2	-0,3600	-2,17	0,031
ϕ_{21}^2	0,0976	1,22	0,226
ϕ_{20}^3	-0,1981	-2,41	0,017
ϕ_{21}^3	-0,3170	-1,85	0,066
γ_1	-0,2310	-0,28	0,781
γ_2	0,1100	-,14	0,889
γ_3	-1,318	-1,67	0,097

Berdasarkan Tabel 9. dapat dibentuk persamaan model *GSTAR-X*(2;1)-*I*(1) dengan pembobot lokasi *invers* jarak sebagai berikut.

$$Z_1(t) = -0,558Z_1(t-1) \quad (17)$$

$$Z_2(t) = -0,360Z_2(t-2) \quad (18)$$

$$Z_3(t) = -0,074Z_1(t-1) - 0,342Z_2(t-1) - 0,213Z_3(t-1) - 0,057Z_1(t-2) - 0,260Z_2(t-2) - 0,198Z_3(t-2) - 1,318X_3(t) \quad (19)$$

Model *GSTAR-X*(2;1)-*I*(1) dengan pembobot lokasi *invers* jarak akan digunakan untuk meramalkan jumlah wisatawan mancanegara pada Januari sampai Desember 2019. Persamaan (17) menunjukkan bahwa jumlah wisatawan mancanegara di Provinsi Bali dipengaruhi oleh jumlah wisatawan mancanegara satu periode sebelumnya. Pada persamaan (18) diperoleh hasil bahwa jumlah wisatawan mancanegara di Provinsi Jawa Timur dipengaruhi oleh jumlah wisatawan mancanegara pada dua periode sebelumnya. Sedangkan persamaan (19) menunjukkan bahwa jumlah wisatawan mancanegara di Provinsi Jawa Tengah dipengaruhi oleh jumlah wisatawan mancanegara pada satu periode sebelumnya dan dua periode sebelumnya serta nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika. Selain itu, jumlah wisatawan mancanegara di Provinsi Jawa Tengah juga dipengaruhi oleh jumlah wisatawan mancanegara Provinsi Bali dan Jawa Timur pada satu periode sebelumnya dan dua periode sebelumnya.

Uji Kesesuaian Model

Uji kesesuaian model merupakan pemeriksaan asumsi residual yang harus terpenuhi yaitu asumsi residual bersifat *white noise* dan berdistribusi normal multivariat (Wei, 2006). Hasil pemeriksaan asumsi residual menggunakan uji *Ljung-Box* dengan pembobot lokasi seragam dan *invers* jarak disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai P – $value$ Uji $Ljunc$ -Box

Pembobot Lokasi	Nilai P – $value$
Seragam	0,8762
Invers Jarak	0,9048

Berdasarkan Tabel 10. dapat disimpulkan bahwa model $GSTAR-X(2;1)-I(1)$ dengan pembobot lokasi seragam dan *invers* jarak memenuhi asumsi *white noise* karena nilai p – $value$ lebih dari batas toleransi 10% yang berarti tidak terdapat autokorelasi antar residual.

Selanjutnya hasil pemeriksaan asumsi residual menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dengan pembobot lokasi seragam dan *invers* jarak disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai P – $value$ Uji Kolmogorov-Smirnov

Pembobot Lokasi	Nilai P – $value$
Seragam	0,9388
Invers Jarak	0,9388

Berdasarkan Tabel 11. dapat disimpulkan bahwa model $GSTAR-X(2;1)-I(1)$ dengan pembobot lokasi seragam dan *invers* jarak memenuhi asumsi normal multivariat karena nilai p – $value$ uji Kolmogorov-Smirnov lebih dari batas toleransi 10% yang berarti model tersebut berdistribusi normal multivariat.

Validasi Model $GSTAR-X$

Validasi model digunakan untuk mengetahui tingkat kebaikan model dalam meramalkan data. Pemilihan model peramalan terbaik berdasarkan nilai $RMSE$ terkecil. Berikut hasil perhitungan $RMSE$ model $GSTAR-X(2;1)-I(1)$ dengan pembobot lokasi seragam dan *invers* jarak yang disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Nilai $RMSE$ Model $GSTAR-X(2;1)-I(1)$

Pembobot Lokasi	$RMSE$
Seragam	0,3248
Invers Jarak	0,3064

Pada Tabel 12. menunjukkan bahwa model $GSTAR-X$ terbaik yang digunakan untuk peramalan jumlah wisatawan mancanegara adalah model $GSTAR-X(2;1)-I(1)$ dengan pembobot lokasi *invers* jarak karena memberikan nilai $RMSE$ lebih kecil.

Peramalan Jumlah Wisatawan Mancanegara

Berdasarkan hasil identifikasi model $GSTAR-X$ diperoleh model terbaik adalah model $GSTAR-X(2;1)-I(1)$ dengan pembobot lokasi

invers jarak. Model tersebut akan digunakan untuk meramalkan jumlah wisatawan mancanegara di Provinsi Bali, Jawa Timur, dan Jawa Tengah pada tahun 2019. Berikut hasil peramalan jumlah wisatawan mancanegara pada tahun 2019 yang disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Peramalan Jumlah Wisatawan Mancanegara Tahun 2019

Periode	Bali	Jawa Timur	Jawa Tengah
Jan-19	431700	28331	4999
Feb-19	450208	28491	5359
Mar-19	439785	28918	5218
Apr-19	445571	28859	5153
Mei-19	442333	28705	5099
Jun-19	444137	28726	5251
Jul-19	443129	28782	5293
Ags-19	443691	28774	5146
Sep-19	443378	28754	5197
Okt-19	443553	28757	5298
Nov-19	443455	28764	5221
Des-19	443509	28763	5316

4. Kesimpulan

Model $GSTAR-X$ terbaik untuk data jumlah wisatawan mancanegara dengan dipengaruhi nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika di Provinsi Bali, Jawa Timur, dan Jawa Tengah adalah model $GSTAR-X(2;1)-I(1)$ karena memenuhi asumsi residual *white noise* dan berdistribusi normal multivariat. Sedangkan peramalan dengan model $GSTAR-X(2;1)-I(1)$ terbaik menggunakan pembobot lokasi *invers* jarak karena memiliki nilai $RMSE$ lebih kecil jika dibanding dengan pembobot lokasi seragam.

5. Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2020. Jumlah Wisatawan Mancanegara per Bulan Tahun 2012-2018. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. 2020. Banyaknya Wisatawan Mancanegara Bulanan ke Bali Menurut Pintu Masuk, 2009-2020. Badan Pusat Statistik. Bali.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. 2020. Jumlah Wisatawan Mancanegara dan Domestik di Provinsi Jawa Tengah, 2011-2019. Badan Pusat Statistik. Semarang.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. 2020. Indikator Pariwisata Jawa Timur 2012-2016. Badan Pusat Statistik. Surabaya.

- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. 2020. Jumlah Kedatangan Wisaman, 2016-2020. Badan Pusat Statistik. Surabaya.
- Hanke, J. E., and Wichern, D. W. (2005). *Business Forecasting*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Karlina, H. D., Cahyandari, R., dan Awalluddin, A. S. (2014). Aplikasi Model *Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR)* pada Data Jumlah TKI Jawa Barat dengan Pemilihan Lokasi Berdasarkan Klaster DBSCAN. *Jurnal Matematika Integratif Volume 10 No 1*, 37-48.
- Kementrian Perdagangan Republik Indonesia. 2020. Nilai Tukar Mata Uang Asing Terhadap Rupiah. Kementrian Perdagangan. Jakarta.
- Pfeifer, P., and Deutsch, S. (1980). *A Three-Stage Iterative Procedure For Space-Time Modeling*. *Technometrics*, Vol. 22(1)pp, 35-47.
- Pranata, R. E., Sinaga, S. P., dan Wanto, A. (2018). Estimasi Wisatawan Mancanegara yang Datang ke Sumatera Utara Menggunakan Jaringan Saraf. *semanTIK*, 97-101.
- Wahyuningsih, N., Surjanto, S. D., dan Rhema, E. V. (2019). Model *GSTARX* dengan Bobot Invers Jarak untuk Jumlah Wisatawan pada Tiga Objek Wisata di Kota Batu. *Prosiding Seminar Nasional Integrasi Matematika dan Nilai Islami*, 85-89.
- Wei, W. W. (2006). *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods, Second Edition*. USA: Pearson Education, Inc.