

KOMPUTASI MODEL *GENERALIZED SPACE TIME* *AUTOREGRESSIVE – RADIAL BASIS FUNCTION NETWORK* (GSTAR-RBFN)

Budi Warsito¹, Hasbi Yasin², Arief Rachman Hakim³
Departemen Statistika, Universitas Diponegoro^{1,2,3}

hasbiyasin@live.undip.ac.id

Abstrak. *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR), merupakan salah satu model yang digunakan untuk memodelkan data time series yang diamati pada beberapa lokasi. Radial Basis Function Neural Network (RBFN) adalah salah satu model jaringan syaraf tiruan yang dapat digunakan untuk pemodelan data time series. Pada penelitian ini akan dibangun sebuah model spatio temporal yang menggabungkan antara model GSTAR dengan model RBFN. Model GSTAR berperan dalam penentuan lag input pada model RBFN. Model ini dinamakan dengan GSTAR-RBFN. Untuk memudahkan proses pengolahan data telah disusun sebuah *software* statistik yang berbasis antarmuka berupa *Graphical User Interface* (GUI). Dalam penelitian ini, model GSTAR-RBFN diaplikasikan pada data tinggi gelombang laut di perairan Semarang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan GUI GSTAR-RBFN, pengolahan data spasio temporal dapat dilakukan dengan sangat mudah.

Kata kunci: *GUI, GSTAR, RBFN, Tinggi Gelombang.*

1. Pendahuluan

Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) merupakan salah satu model space time yang dapat digunakan untuk memodelkan dan meramalkan data yang mempunyai keterkaitan waktu sebelumnya dan keterkaitan dengan lokasi yang berdekatan. Model ini merupakan pengembangan dari model *Space Time Autoregressive* (STAR) yang diperkenalkan oleh Pfeifer dan Deutsch pada tahun 1980 [1]. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait GSTAR adalah penelitian tentang Indeks Harga Konsumen di beberapa kota di Jawa Tengah oleh Irawati tahun 2015 [2]. Sedangkan GSTAR untuk data musiman, juga telah dilakukan oleh Gusnadi pada tahun 2015 yang membahas tentang aplikasi GSTAR untuk pemodelan jumlah wisatawan manca negara di beberapa kabupaten [3]. Salah satu kelemahan pada model GSTAR adalah adanya beberapa asumsi yang harus terpenuhi, salah satunya terkait dengan distribusi data [4]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini model GSTAR dikombinasikan dengan model jaringan syaraf tiruan, yaitu model Radial Basis Function Neural Network (RBFN) atau disebut juga dengan model GSTAR-RBFN. Kendala yang umumnya akan dihadapi dalam

menggunakan metode ini adalah tidak tersedianya alat komputasi yang mudah dan aplikatif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat aplikasi komputasi metode GSTAR-RBFN berbasis GUI untuk membantu pengguna dalam pengolahan data spatio temporal.

2. Metode Penelitian

2.1 Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR)

GSTAR adalah salah satu model spatio temporal yang dapat menjelaskan variabel respon berdasarkan informasi masa lalu dan sebuah pengaruh spasial dari variabel tersebut. Misalkan $\{Z(t): t=0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ adalah data runtun waktu dari N lokasi, maka model GSTAR dengan order autoregressive p dan order spasial λ_s , atau dinotasikan $GSTAR_{(p; \lambda_s)}$ dalam notasi matriks dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}(t) = \sum_{s=1}^p \left(\Phi_{s0} + \sum_{k=1}^{\lambda_s} \Phi_{sk} \mathbf{W}^{(k)} \right) \mathbf{Z}(t-s) + \mathbf{a}(t) \quad (1)$$

dengan $\mathbf{a}(t)$ adalah residual model, $\Phi_{s0} = \text{diag}(\phi_{s0}^1, \dots, \phi_{s0}^N)$, dan $\Phi_{sk} = \text{diag}(\phi_{sk}^1, \dots, \phi_{sk}^N)$ [5]. Sebagai contoh, model GSTAR dengan order 1 and order spasial 1 untuk 4 lokasi adalah:

$$\mathbf{Z}(t) = \Phi_{10} \mathbf{Z}(t-1) + \Phi_{11} \mathbf{W}^{(1)} \mathbf{Z}(t-1) + \mathbf{a}(t) \quad (2)$$

atau dalam notasi matriks dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ Z_3(t) \\ Z_4(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{10} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \phi_{20} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \phi_{30} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \phi_{40} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-1) \\ Z_2(t-1) \\ Z_3(t-1) \\ Z_4(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \phi_{21} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \phi_{31} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \phi_{41} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & \omega_{12} & \omega_{13} & \omega_{14} \\ \omega_{21} & 0 & \omega_{23} & \omega_{24} \\ \omega_{31} & \omega_{32} & 0 & \omega_{34} \\ \omega_{41} & \omega_{42} & \omega_{43} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-1) \\ Z_2(t-1) \\ Z_3(t-1) \\ Z_4(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1(t) \\ a_2(t) \\ a_3(t) \\ a_4(t) \end{bmatrix}$$

Borovkova *et al.* [5] menyatakan bahwa matriks pembobot spasial yang dapat digunakan antara lain bobot uniform, bobot invers jarak dan bobot normalisasi korelasi silang.

2.2 Radial Basis Function Network (RBFN)

Jaringan *Radial Basis Function Network* (RBFN) adalah salah satu pembelajaran yang biasa digunakan untuk penyelesaian masalah peramalan model time series. RBFN terbagi menjadi dua fungsi, yaitu *newrbe* dan *newrb*. Keduanya memiliki karakteristik yang hampir sama pada proses pembelajarannya, yang membedakan antara keduanya adalah pada *newrbe* memiliki jumlah neuron sebanyak jumlah input yang terbentuk, sedangkan pada *newrb* setiap iterasi akan dibentuk 1 neuron. Neuron yang memiliki total error terkecil akan diterima sebagai neuron baru. Kemudian error pada jaringan akan diperiksa kembali, jika error jaringan sudah cukup kecil maka iterasi dihentikan. Tetapi jika error jaringan masih cukup besar, maka akan ditambahkan neuron berikutnya, demikian seterusnya. Pada fungsi *newrb*, jumlah neuron pada lapisan tersembunyi belum tentu akan sama dengan jumlah vektor inputnya, dengan kata lain tidak semua lapisan input pada data dapat digunakan untuk pemodelan [6]. RBFN memiliki bentuk struktur berlapis. Terdapat 3 lapisan pada struktur radial basis function, yaitu: Lapisan pertama disebut input layer yang berisi titik (node) yang disusun dari variabel prediktor; Lapisan kedua disebut hidden layer yang terdiri dari hidden unit. Setiap hidden unit merupakan fungsi radial basis; dan lapisan ketiga terdapat output layer yang terdiri dari unit tunggal yang linier.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Algoritma Model GSTAR-RBFN

Algoritma: Estimasi Parameter Model GSTAR-RBFN

Input:

Data Spatio Temporal
Nilai spread untuk model RBFN

Output:

Parameter model GSTAR-RBFN (w_0, w_{ij}, v_o, v_i)

1. Identifikasi lag input berdasarkan model GSTAR.
2. Membentuk model RBFN berdasarkan variable lag input dan spread dari RBFN
3. Pre-processing Data menggunakan transformasi *zscore*.

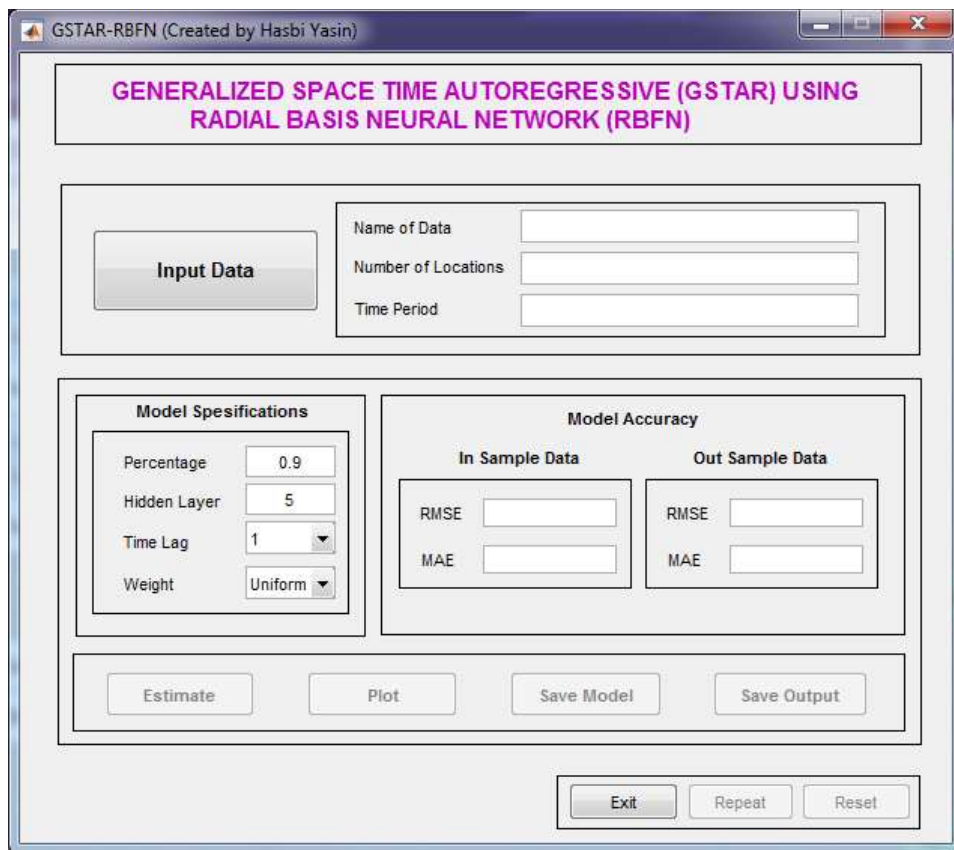
4. Repeat:

1. Evaluasi nilai Root Mean Squared Error (RMSE).
-

-
2. Perbarui nilai spread
 5. **Until** RMSE minimum
 6. Post-processing Data
 7. **Return** (w_0, w_{ij}, v_o, v_i)
-

3.2 Aplikasi GUI GSTAR-RBFN

Gambar 1 menunjukkan tampilan desain antar muka GUI metode GSTAR-RBFN yang disusun menggunakan software MATLAB.



Gambar 1. GUI GSTAR-RBFN

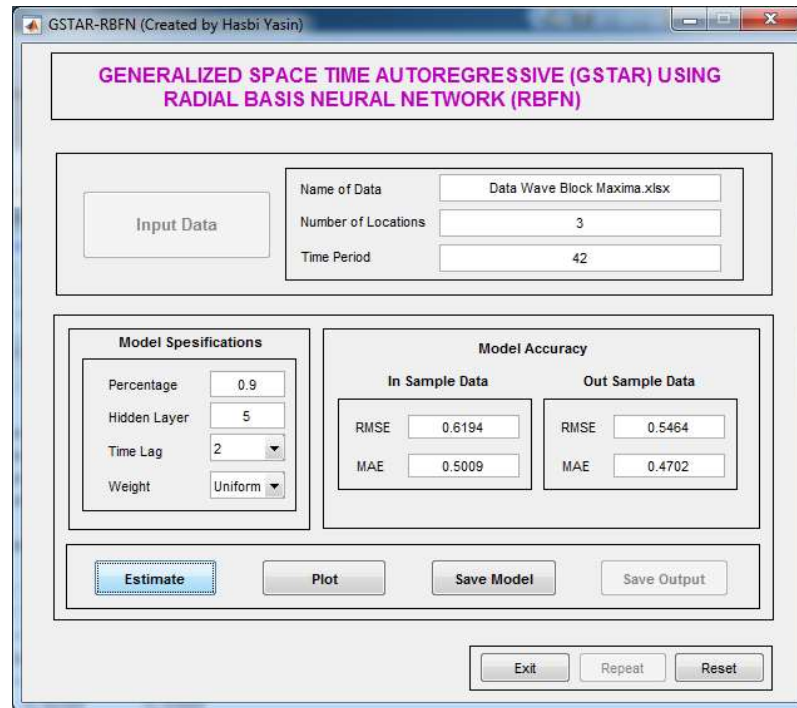
Terdapat 6 tombol untuk melakukan aplikasi model GSTAR_RBFN dengan rincian sebagai berikut:

- a. Tombol **Input Data**, untuk menampilkan *form open file* seperti dalam windows sehingga dapat memilih file data yang akan diolah. Nama data,

banyak lokasi dan periode waktu akan ditampilkan pada kotak gambar *static text*. Data yang digunakan adalah data yang ditulis dalam format Microsoft Excel.

- b. Tombol **Estimate**, digunakan untuk melakukan estimasi parameter model GSTAR-RBFN berdasarkan spesifikasi model yang digunakan.
- c. Tombol **Plot**, digunakan untuk melihat hasil plot antara nilai aktual dan nilai prediksi.
- d. Klik **Save Model** untuk menyimpan parameter model GSTAR.
- e. Klik **Save Output** untuk menyimpan output secara lengkap dengan nama yang dapat disesuaikan. Output secara lengkap dapat dilihat pada file output yang telah disimpan dalam bentuk file *.mat.
- f. Klik **Repeat** untuk mengulang proses estimasi dengan data yang sama.
- g. Klik **Reset** untuk melakukan pemodelan dengan data baru.
- h. Klik **Exit** untuk mengakhiri program.

Aplikasi GUI GSTAR-RBFN pada prediksi tinggi gelombang laut. Gambar 2 merupakan contoh tampilan output dari model GUI GSTAR-RBFN dengan data training 90% dan 10% data testing, 5 neuron pada lapisan tersembunyi, lag time series 2 (data 2 periode sebelumnya) dan menggunakan matriks pembobot Uniform.



Gambar 2. Tampilan Hasil Komputasi dengan GUI GSTAR-RBFN

```

NEWRB, neurons = 0, MSE = 0.990741
NEWRB, neurons = 5, MSE = 0.630089
Final model is GSTAR_RBFN
Network Performance
Lag of data                = 2
Neuron in hidden layer    = 5
Spread                     = 4.38
Percentage of Training Data = 90
Percentage of Testing Data  = 10
=====
Criteria   Training   Testing
=====
RMSE       0.6194    0.5464
MAE        0.5009    0.4702
SMAPE      1.5440    8.2568
=====
Trained GSTAR-RBFN is ready to use
=====

```

Gambar 3. Tampilan Hasil Estimasi pada jendela Command-Window

8. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dapat disimpulkan bahwa aplikasi GUI GSTAR-RBFN dapat membantu analisis data time series multivariate atau pun data spatio temporal berdasarkan model GSTAR yang digabungkan dengan model RBFN. Dengan menggunakan aplikasi GUI GSTAR-RBFN dapat dicari model yang paling optimal dengan mengganti parameter model pada dashboard GUI tersebut. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu mengembangkan aplikasi GSTAR-NN dengan optimasi algoritma metaheuristik seperti Algoritma Genetika atau PSO.

9. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DRPM, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi/Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Republik Indonesia atas dukungannya. Penelitian ini didanai oleh Hibah Penelitian "PTUPT" Tahun Anggaran 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P.E. Pfeifer, S.J. Deutsch, "A Three Stage Iterative Procedure for Space-Time Modeling", *Technometrics* Vol. 22, No. 1: Hal. 35-47, 1980.
- [2] L. Irawati, Tarno, H. Yasin, "Peramalan Indeks Harga Konsumen 4 Kota di Jawa Tengah Menggunakan Model *Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR)*", *Jurnal Gaussian*, Vol. 4 No. 3, pp. 553–562, 2015.
- [3] R. Gusnadi, R. Rahmawati, A. Prahutama, "Pemodelan *Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) Seasonal* Pada Data Jumlah Wisatawan Mancanegara Empat Kabupaten/Kota di Jawa Tengah", *Jurnal Gaussian*, Vol. 4 No. 4, pp. 1017-1026, 2015.
- [4] Suhartono, D.D. Prastyo, H. Kuswanto, M.H. Lee, *MATEMATIKA* Vol. 34 No. 1, pp. 103-111, 2018.
- [5] S.A. Borovkova, H.P. Lopuhaa, B.N. Ruchjana, "Consistency and Asymptotic Normality of Least Square Estimators in Generalized STAR Models", *Journal Compilation Statistica Neerlandica*, Hal. 482-500, 2008.
- [6] S. Kusumadewi, "*Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Excel Link*". Graha Ilmu, 2004.