Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)
Volume 09, No. 2 (2020), hal 285-292.

MODEL *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE* (1,1) PADA DATA CURAH HUJAN

Ihzal Muhaini, Dadan Kusnandar, Nurfitri Imro'ah

INTISARI

Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) adalah salah satu model yang digunakan untuk menganalisis data yang mempunyai ketergantungan lokasi dan waktu. Model GSTAR menghasilkan model ruang waktu yang mengadopsi tahapan-tahapan model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). Studi kasus yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan di Kota Pontianak, Kabupaten Mempawah dan Kabupaten Kubu Raya dengan periode waktu dari bulan Januari 2008 hingga bulan Desember 2012. Penelitian ini menggunakan prinsip parsimony model, sehingga model yang digunakan adalah GSTAR(1,1). Pendugaan parameter pada model GSTAR(1,1) dilakukan menggunakan metode Ordinary Least Square (OLS) dengan bobot normalisasi korelasi silang. Hasil perhitungan nilai MAPE AR(1) dan GSTAR(1,1) terlalu besar, sehingga model tidak cocok digunakan untuk peramalan pada tiga lokasi.

Kata kunci: deret waktu, GSTAR, bobot normalisasi korelasi silang

PENDAHULUAN

Kalimantan Barat merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang berada diantara garis 2^0 08' LU dan 3^0 05' LS serta diantara 108^0 0' BT dan 114^0 10' BT [1]. Karena pengaruh letak ini pula, maka Kalimantan Barat adalah salah satu daerah tropik dengan suhu udara cukup tinggi serta diiringi kelembaban yang tinggi. Berdasarkan letak geografis yang spesifik ini maka daerah Kalimantan Barat tepat dilalui oleh garis Khatulistiwa (garis lintang 0^0) tepatnya di atas Kota Pontianak, sehingga perubahan cuaca menjadi tidak menentu. Oleh karena itu peneliti menganalisis pola curah hujan di beberapa kota/kabupaten Kalimantan Barat dengan menggunakan metode statistik.

Salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis pola curah hujan ini adalah model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR). GSTAR adalah salah satu bentuk khusus dari model *Autoregressive* (AR) dan model *Vector Autoregressive* (VAR). Model *autoregressive* (AR) adalah suatu bentuk regresi tetapi bukan yang menghubungkan variabel tak bebas, melainkan menghubungkan nilai-nilai sebelumnya pada *time lag* [2]. Jadi, suatu model *autoregressive* menyatakan suatu ramalan sebagai fungsi nilai-nilai sebelumnya dari deret waktu tertentu. Kemudian model VAR adalah suatu sistem persamaan yang memperlihatkan setiap variabel sebagai fungsi linier dari konstanta dan nilai *lag* dari variabel yang ada dalam sistem. Model STAR merupakan suatu model yang dikategorikan berdasarkan *lag* yang berpengaruh secara linier, baik dalam lokasi maupun waktu. Model STAR hanya dapat digunakan untuk lokasi yang homogen, dengan mengasumsikan parameter *autoregressive* dan estimasi parameter adalah sama untuk setiap lokasi (*spasial*) [3].

Penelitian ini mengambil data sekunder di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) secara *online* di Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak, Stasiun BMKG Meteorologi Kelas II Siantan Pontianak dan Stasiun Meteorologi Kelas I Supadio Pontianak. Tahapan awal dalam melakukan penelitian adalah melakukan identifikasi awal data deret waktu untuk memperkecil kekeliruan model, jika data belum stasioner dalam rata-rata maka data tersebut *differencing* satu kali, lakukan *differencing* yang kedua jika data belum stasioner hingga data menjadi stasioner. Berikutnya melakukan estimasi parameter dengan metode kuadrat terkecil menggunakan *Software R*. Kemudian uji diagnosis untuk melihat apakah galat (*error*) yang dihasilkan sudah berdistribusi normal dan uji stasioner estimasi parameter.

MODEL *AUTOREGRESSIVE*

Autoregressive (AR) adalah suatu bentuk regresi tetapi bukan yang menghubungkan variabel tak bebas, melainkan menghubungkan nilai-nilai Z_{t-p} pada *time lag*. Model *Autoregressive* (AR) dengan orde p dinotasikan AR(p). Bentuk umum model AR (p) sebagai berikut:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \phi_3 Z_{t-3} + \ldots + \phi_p Z_{t-p} + e_t \qquad (1)$$

dimana Z_t adalah variabel pengamatan pada waktu ke-t, ϕ_p adalah parameter *autoregressive* ke-p, dan e_t adalah nilai kesalahan pada waktu ke-t [4].

MODEL *VECTOR AUTOREGRESSIVE* (VAR)

Model *Vector Autoregressive* (VAR) adalah model *time series* multivariat. Misal VAR orde-1, VAR(1) adalah sebagai berikut:

$\left(\mathbf{I} - \mathbf{\Phi}_1\mathbf{B}\right)\mathbf{Z}_t = \mathbf{e}_t$, dimana $\mathbf{B}$ adalah *backward shift operator*

atau

$$\mathbf{Z}_t = \mathbf{\Phi}_1 \mathbf{Z}_{t-1} + \mathbf{e}_t$$

dimana $e \sim N(0,\Sigma)$, dimana Σ matriks varian kovarian $m \times m$ simetri, definit positif. Proses *white noise* diasumsikan $\Sigma = \sigma^2 I_m$.

MODEL *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE* (GSTAR)

Model GSTAR menghasilkan model ruang waktu (*space time*) dimana model ruang waktu ini mengadopsi tahapan-tahapan model *Autoregressive Intergrated Average* (ARIMA) atau biasa disebut Box-Jenkins yang dikembangkan oleh George Box dan Gwilym Jenkins tahun 1976. Model GSTAR biasa digunakan pada lokasi dengan sifat heterogen dengan parameter-parameter yang tidak harus sama untuk faktor waktu maupun lokasi.

Dalam notasi matriks model yang umum GSTAR, misalnya orde ke-p dalam *time* dan orde $\ell = 0,1,\ldots,\lambda_k$ dalam *space* dituliskan sebagai:

$$\mathbf{Z}(t) = \sum_{k=1}^{p} \sum_{\ell=0}^{\lambda_k} \mathbf{\Phi}_{k\ell}\mathbf{W}^{(\ell)}\mathbf{Z}(t-k) + \mathbf{e}(t) \qquad (2)$$

dimana k adalah orde waktu *autoregressive* (k = 1,2,..,p), ℓ adalah orde spasial *autoregressive* (ℓ = 0,1,2,…,λ_k) dan $e(t)$ adalah vektor *error* yang berukuran $N \times 1$ yang diasumsikan berdistribusi normal, $\mathbf{\Phi}_{k\ell}$ adalah matriks parameter GSTAR berukuran $N \times N$ pada *lag* waktu (*time*) k dan *lag* spasial ℓ, $\mathbf{W}^{(\ell)}$ adalah matriks bobot ukuran $N \times N$ pada *lag* spasial ℓ (dimana ℓ = 0, 1).

PEMBOBOTAN LOKASI MODEL GSTAR(1,1)

Pemilihan bobot lokasi adalah salah satu permasalahan utama dalam pemodelan GSTAR. Metode yang digunakan sebagai pembobot lokasi dalam GSTAR salah satunya adalah bobot normalisasi korelasi silang. Berikut ini bentuk taksiran korelasi silang pada data sampel:

$$r_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=k+1}^{n}\left[Z_i(t) - \overline{Z}_i\right]\left[Z_j(t) - \overline{Z}_j\right]}{\sqrt{\left(\sum_{t=1}^{n}\left[Z_i(t) - \overline{Z}_i\right]^2\right)\left(\sum_{t=1}^{n}\left[Z_j(t) - \overline{Z}_j\right]^2\right)}} \qquad (3)$$

dimana, koefisien $r_{ij}(k)$ merupakan korelasi silang kejadian di lokasi ke-i dan ke-j [4]. Selanjutnya penentuan bobot lokasi dengan normalisasi silang antar lokasi pada waktu yang bersesuaian. Berikut ini rumus bobot normalisasi korelasi silang:

$$W_{ij}^{(k)} = \frac{r_{ij}(k)}{\sum_{K \neq i}\left|r_{iK}^{(k)}\right|} \qquad (4)$$

dimana $i \neq j$, dan $\sum_{j \neq i} \left| w_{ij} \right| = 1.$

Bobot ini memberikan fleksibilitas pada besar dan tanda hubungan antar lokasi yang bisa berlainan yang positif dan negatif [6].

ESTIMASI PARAMETER *LEAST SQUARE* PADA MODEL GSTAR(1,1)

Model GSTAR dapat dinyatakan sebagai suatu model linier dan peramalan dari parameter-parameter *autoregressive*. Estimasi parameter model GSTAR dapat dilakukan dengan menggunakan metode OLS yaitu dengan meminimalkan jumlah kuadrat sisaan. Berikut persamaan model GSTAR(1,1):

$$\mathbf{Z}(t) = \sum_{k=1}^{p} \sum_{\ell=0}^{\lambda_k} \mathbf{\Phi}_{k\ell} \mathbf{W}^{(\ell)} \mathbf{Z}(t-k) + \mathbf{e}(t)$$

Atau dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ Z_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{10} & 0 & 0 \\ 0 & \phi_{20} & 0 \\ 0 & 0 & \phi_{30} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-1) \\ Z_2(t-1) \\ Z_3(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \phi_{21} & 0 \\ 0 & 0 & \phi_{31} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & w_{12}^{(1)} & w_{13}^{(1)} \\ w_{21}^{(1)} & 0 & w_{23}^{(1)} \\ w_{31}^{(1)} & w_{32}^{(1)} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-1) \\ Z_2(t-1) \\ Z_3(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}$$

Sehingga terbentuk persamaan:

$$\begin{aligned} Z_1(t) &= \phi_{10}\ Z_1(t-1) + \phi_{11}\ w_{12} Z_2(t-1) + \phi_{11}\ w_{13} Z_3(t-1) + e_1(t) \\ Z_2(t) &= \phi_{20}\ Z_2(t-1) + \phi_{21}\ w_{21} Z_1(t-1) + \phi_{21}\ w_{23} Z_3(t-1) + e_2(t) \\ Z_3(t) &= \phi_{30}\ Z_3(t-1) + \phi_{31}\ w_{31} Z_1(t-1) + \phi_{31}\ w_{32} Z_2(t-1) + e_3(t) \end{aligned} \tag{5}$$

dengan $V_N(t) = \sum_{j=1}^{i} W_{ij} Z_j(t)$. Model untuk lokasi ke-*i* dapat dinyatakan dengan $Z = Z^* \phi + e$. Sehingga estimasi parameter model GSTAR(1,1) adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ Z_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1(t-1) & 0 & 0 & V_1(t-1) & 0 & 0 \\ 0 & Z_2(t-1) & 0 & 0 & V_2(t-1) & 0 \\ 0 & 0 & Z_3(t-1) & 0 & 0 & V_3(t-1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_{10} \\ \phi_{20} \\ \phi_{30} \\ \phi_{11} \\ \phi_{21} \\ \phi_{31} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}$$

dengan:

$$Z = \begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ Z_3(t) \end{bmatrix},\ Z^* = \begin{bmatrix} Z_1(t-1) & 0 & 0 & V_1(t-1) & 0 & 0 \\ 0 & Z_2(t-1) & 0 & 0 & V_2(t-1) & 0 \\ 0 & 0 & Z_3(t-1) & 0 & 0 & V_3(t-1) \end{bmatrix}$$

$$\phi = \begin{bmatrix} \phi_{10} \\ \phi_{20} \\ \phi_{30} \\ \phi_{11} \\ \phi_{21} \\ \phi_{31} \end{bmatrix},\ \text{dan}\ e = \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}$$

sehingga koefisien regresi ϕ dapat ditaksir menggunakan OLS dengan rumus sebagai berikut:

$$\hat{\phi} = (Z^{*T}Z^{*})^{-1}(Z^{*T}Z).$$

ANALISIS CURAH HUJAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan bulanan dalam satuan milimeter (*mm*) di Kota Pontianak, Kabupaten Mempawah dan Kabupaten Kubu Raya. Jenis data yang digunakan adalah data sekunder yang didapatkan secara *online* dari data BMKG Nasional, data diambil dari bulan Januari 2008 hingga Desember 2012. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendeskripsikan suatu data adalah dengan penyajian data melalui tabel. Berikut ini deskriptif data curah hujan dimulai dari *mean*, standar deviasi, nilai minimum dan nilai maksimum:

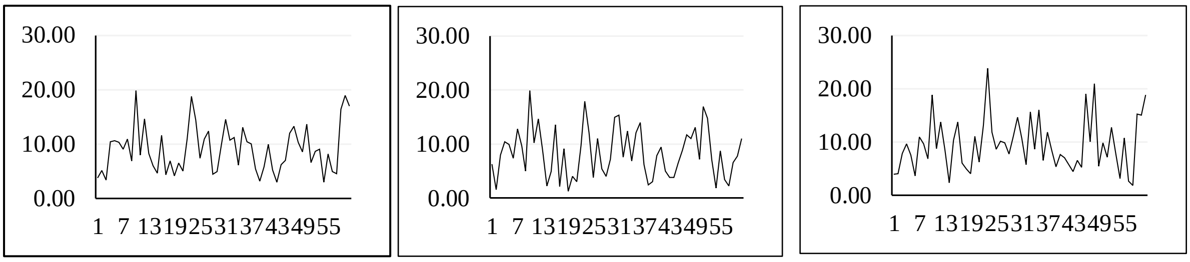
Tabel 1 Deskriptif data curah hujan bulanan (mm)

Lokasi	Mean	StDev	Min	Max
Kota Pontianak	9,01	4,24	2,97	19,77
Kabupaten Mempawah	8,33	4,51	1,25	19,88
Kabupaten Kubu Raya	9,52	4,83	1,93	23,86

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa rata-rata curah hujan terendah adalah di Kabupaten Mempawah, dengan rata-rata curah hujan sebesar 8,33 *mm*/bulan dan rata-rata curah hujan tertinggi di Kabupaten Kubu Raya sebesar 9,52 *mm*/bulan. Artinya, rata-rata curah hujan per bulan di Kabupaten Mempawah lebih rendah dibandingkan dengan 2 wilayah lainnya.

IDENTIFIKASI STASIONERITAS

Identifikasi stasioneritas diperlukan untuk melihat kestasioneran data supaya dapat dilanjutkan pada analisis berikutnya. Untuk mengidentifikasi kestasioneran data penelitian ini menggunakan diagram plot. Berikut ini plot curah hujan tiga lokasi:



(a) Kota Pontianak (b) Kabupaten Mempawah (c) Kabupaten Kubu Raya

Gambar 1 Plot data curah hujan bulanan (mm)

Gambar 1 menunjukkan data terlihat berada di garis rata-rata artinya data sudah stasioner dalam *mean*.

AUTOREGRESSIVE ORDE 1

Autoregressive digunakan untuk menghitung nilai estimasi dengan menggunakan dari *time lag* sebelumnya. Hasil perhitungan parameter AR(1) menggunakan *SPSS* sebagai berikut:

Tabel 2 Estimasi parameter AR(1)

Lokasi	Nilai estimasi	Sig.	Signifikansi
Kota Pontianak	0,31	0,02	Signifikan
Kabupaten Mempawah	0,21	0,10	Tidak signifikan
Kabupaten Kubu Raya	0,08	0,55	Tidak signifikan

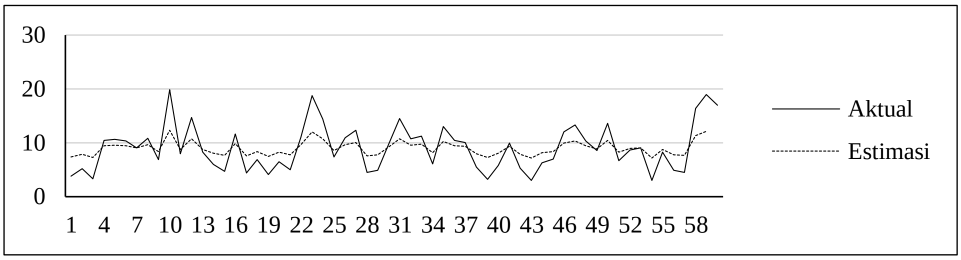
Berdasarkan Persamaan (1) sehingga didapatkan model AR(1) sebagai berikut:

Kota Pontianak : $Z_t = 0,31(Z_{t-1})$

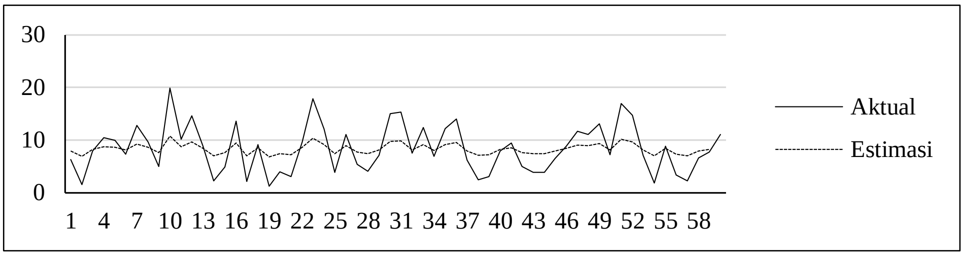
Kabupaten Mempawah : $Z_t = 0,21(Z_{t-1})$
Kabupaten Kubu Raya : $Z_t = 0,08(Z_{t-1})$

PERBANDINGAN DATA AKTUAL DAN ESTIMASI AR(1)

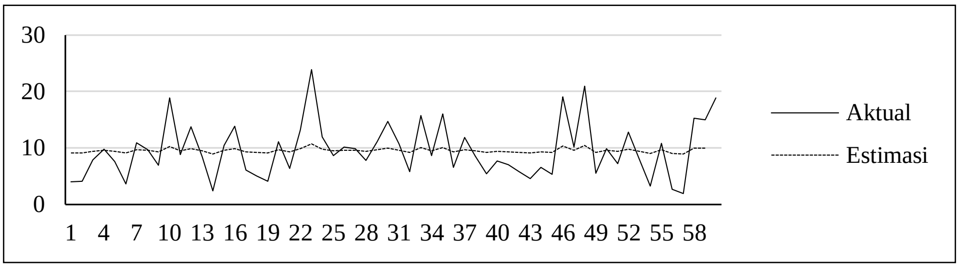
Perbandingan data aktual dan estimasi berfungsi untuk melihat perbedaan data aktual dengan estimasi. Berikut hasil perbandingan data aktual dan estimasi model AR(1):



(a) Kota Pontianak



(b) Kabupaten Mempawah



(c) Kabupaten Kubu Raya

Gambar 2 Perbandingan data aktual dan estimasi model *Autoregressive* pada orde satu

Berdasarkan Gambar 2 di tiga lokasi terlihat data estimasi cukup jauh berbeda dengan data aktual. Sehingga model AR(1) tidak cocok digunakan pada tiga lokasi.

BOBOT NORMALISASI KORELASI SILANG

Untuk menghitung bobot normalisasi korelasi silang langkah pertama yang dilakukan adalah dengan cara menghitung nilai korelasi antar lokasi, berikut hasil perhitungan korelasi lokasi berdasarkan Persamaan (3):

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0,66 & 0,72 \\ 0,66 & 1 & 0,61 \\ 0,72 & 0,61 & 1 \end{bmatrix}$$

Setelah mendapatkan nilai korelasi, selanjutnya mencari nilai bobot normalisasi korelasi silang. Bobot normalisasi korelasi silang dihitung berdasarkan rumus Persamaan (4). Hasil bobot normalisasi korelasi silang sebagai berikut:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0,48 & 0,52 \\ 0,52 & 0 & 0,48 \\ 0,54 & 0,46 & 0 \end{bmatrix}$$

ESTIMASI NILAI PARAMETER DAN MODEL GSTAR(1,1)

Model GSTAR(1,1) dapat dinyatakan sebagai suatu model linier dan peramalan dari parameter-parameter *autoregressive*. Estimasi parameter model GSTAR dapat dilakukan dengan menggunakan metode OLS yaitu dengan meminimalkan jumlah kuadrat sisaan. Berikut hasil estimasi parameter dan tingkat signifikansi model GSTAR(1,1) menggunakan aplikasi *R*:

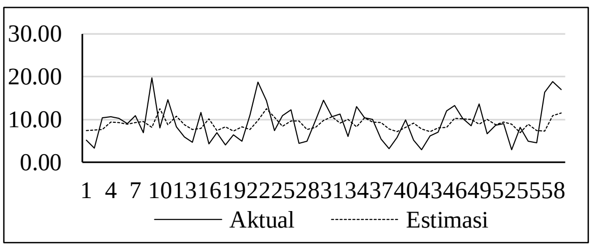
Tabel 3 Nilai parameter dan signifikansi

Parameter	Nilai estimasi	Standar *error*
ϕ_{10}	0,22	8,61
ϕ_{20}	0,06	5,56
ϕ_{30}	0,03	5,73
ϕ_{11}	0,11	7,56
ϕ_{21}	0,26	7,66
ϕ_{31}	0,09	8,09

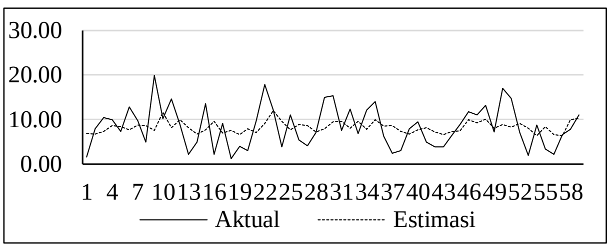
Hasil dari Tabel 3 diketahui nilai standar *error* masing-masing parameter cukup besar, hal ini menunjukkan bahwa estimasi parameter tidak cukup baik digunakan pada model GSTAR(1,1). Sehingga model GSTAR(1,1) berdasarkan Persamaan (5) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
Z_1(t) &= 0,22Z_1(t-1) + (0,11\times 0,48)Z_2(t-1) + (0,11\times 0,52)Z_3(t-1) \\
&= 0,22Z_1(t-1) + 0,05Z_2(t-1) + 0,06Z_3(t-1) \\
Z_2(t) &= 0,06Z_2(t-1) + (0,26\times 0,52)Z_1(t-1) + (0,26\times 0,48)Z_3(t-1) \\
&= 0,06Z_2(t-1) + 0,14Z_1(t-1) + 0,12Z_3(t-1) \\
Z_3(t) &= 0,03Z_3(t-1) + (0,09\times 0,54)Z_1(t-1) + (0,09\times 0,46)Z_2(t-1) \\
&= 0,03Z_3(t-1) + 0,05Z_1(t-1) + 0,04Z_2(t-1)
\end{aligned}$$

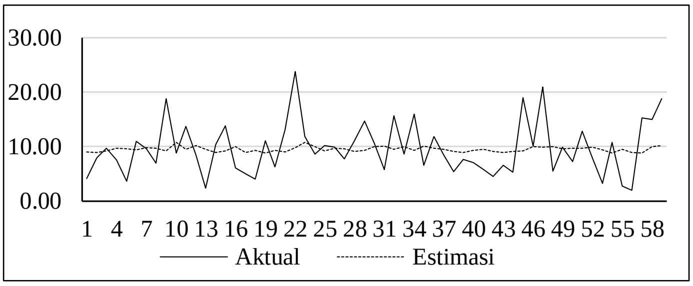
Kemudian perhitungan estimasi GSTAR(1,1) menggunakan *Microsoft Office Excel*. Berikut ini hasil perhitungan estimasi model dan dibandingkan dengan data aktual:



a) Kota Pontianak



b) Kabupaten Mempawah



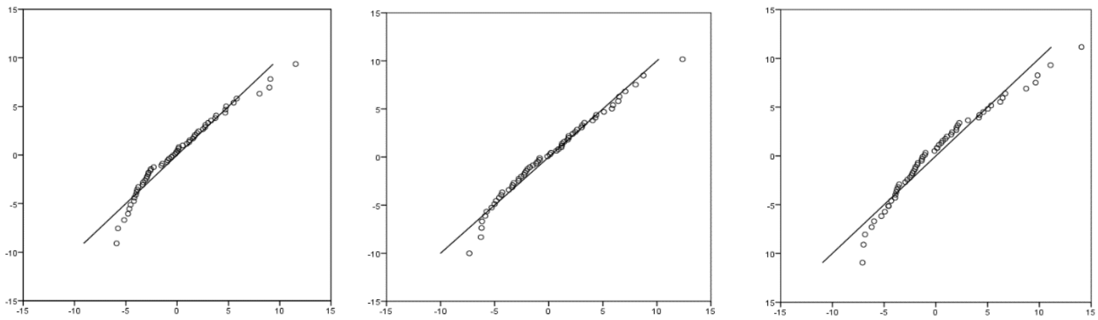
c) Kabupaten Kubu Raya

Gambar 3 Data estimasi curah hujan bulanan (mm)

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa hasil estimasi tiga lokasi cukup jauh berbeda dengan data aktual. Hal ini menunjukkan bahwa model GSTAR(1,1) tidak cocok digunakan pada tiga lokasi.

UJI DIAGNOSTIK

Uji diagnostik dilakukan menggunakan uji *QQ-Plot* nilai residual dan uji stasioner parameter. Kemudian uji normalitas data *error* GSTAR(1,1) menggunakan uji *QQ-Plot* dengan aplikasi *SPSS*, hasilnya sebagai berikut:



a) Kota Pontianak b) Kabupaten Mempawah c) Kabupaten Kubu Raya

Gambar 4 Grafik *QQ-Plot*

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa data residual tidak normal karena titik-titik data berada di luar garis diagonal. Kemudian uji stasioner parameter berdasarkan Tabel 3 didapatkan bahwa data sudah stasioner karena $|\phi_{10} \pm \phi_{11}| \leq 1$, $|\phi_{20} \pm \phi_{21}| \leq 1$ dan $|\phi_{30} \pm \phi_{31}| \leq 1$[7].

PERBANDINGAN MAPE AR(1) DAN GSTAR(1,1)

Menghitung perbandingan nilai MAPE dari AR(1) dan GSTAR(1,1) didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4 Nilai MAPE AR(1) dan GSTAR(1,1)

Lokasi	MAPE	
	AR(1)	GSTAR(1,1)
Kota Pontianak	45%	**44%**
Kabupaten Mempawah	78%	**75%**
Kabupaten Kubu Raya	56%	**55%**

Berdasarkan Tabel 4 hasil perbandingan nilai MAPE model AR(1) dan GSTAR(1,1) dapat diketahui bahwa model GSTAR(1,1) pada tiga lokasi penelitian memiliki nilai MAPE yang sedikit lebih kecil dari AR(1). Namun, nilai MAPE model GSTAR(1,1) juga tidak cukup baik digunakan. Sehingga model AR(1) dan GSTAR(1,1) tidak cocok digunakan pada tiga lokasi, hal ini dikarenakan curah hujan biasanya bersifat musiman.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis model AR(1) didapatkan hasil estimasi parameter AR(1) hanya Kota Pontianak yang signifikan, sedangkan untuk Kabupaten Mempawah dan Kabupaten Kubu Raya tidak signifikan. Sedangkan standar *error* masing-masing parameter model GSTAR(1,1) lebih besar sehingga model tidak cocok digunakan pada tiga lokasi. Kemudian, perbandingan MAPE model AR(1) dan model GSTAR(1,1) diketahui nilai MAPE GSTAR(1,1) lebih kecil dari AR(1), namun model GSTAR(1,1) tidak terlalu baik untuk melakukan peramalan. Oleh karena itu, penelitian curah hujan ini perlu dianalisis lebih lanjut dengan metode musiman karena curah hujan biasanya memiliki pola musiman.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat, Gambaran Umum Aspek Geografis Kalimantan Barat, http://kalbarprov.go.id/page/geografis, diakses tanggal 22 Januari 2020.

[2] Makridakis, S., Wheelwright, S. dan McGee, V. E., *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Edisi kedua, Jilid satu, Jakarta, Binarupa Aksara, 1999.

[3] Pfeifer, P.E. and Deutsch, S.J., A Three-Stage Iterative Procedure for Space Time Modeling, *Technometrics*, 1980, **22**(1): 35-47.

[4] Assauri, S. *Teknik dan Metode Peramalan Penerapannya dalam Ekonomi dan Dunia Usaha*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 1984.

[5] Suhartono dan Subanar, The Optimal Determination of Space Weight in GSTAR Model by using Cross-correlation Inference, *Journal Devoted to the Mathematical and Statistical Aplication in Various Field*, 2006, **2**(2): 45-53.

[6] Wutsqa, D.U., Suhartono dan Sutijo, B.S.U., Aplikasi Model *Generalized Space Time Autoregressive* pada Data Pencemaran Udara di Kota Surabaya, *phythagoras*, 2012, **7**(2): 17-30.

[7] Wei, W.W.S, *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods (2nd ed)*, Pearson, New York, 2006.

IHZAL MUHAINI : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak, Ihzalmuhaini26@gmail.com

DADAN KUSNANDAR : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak, dkusnand@untan.ac.id

NURFITRI IMRO'AH : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak, nurfitriimroah@math.untan.ac.id