

**PREDIKSI CURAH HUJAN DI JAWA BARAT
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ENSEMBLE KALMAN FILTER*
PADA MODEL GSTAR-SUR**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika



Oleh
Rifka Anisa
NIM 1800782

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2022

LEMBAR HAK CIPTA

**PREDIKSI CURAH HUJAN DI JAWA BARAT
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ENSEMBLE KALMAN FILTER* PADA
MODEL GSTAR-SUR**

Oleh

Rifka Anisa

NIM 1800782

Skripsi yang diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam

© Rifka Anisa 2022

Universitas Pendidikan Indonesia

Mei 2022

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruh atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

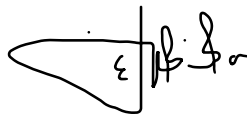
LEMBAR PENGESAHAN

RIFKA ANISA

**PREDIKSI CURAH HUJAN DI JAWA BARAT
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ENSEMBLE KALMAN FILTER* PADA
MODEL GSTAR-SUR**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Entit Puspita, S.Pd., M.Si.

NIP. 196704081994032002

Pembimbing II

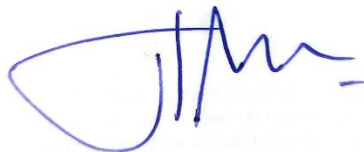


Drs. Nar Herrhyanto, M.Pd.

NIP. 196106181987031001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Matematika



Dr. H. Dadang Juandi, M.Si.

NIP. 196401171992021001

**PREDIKSI CURAH HUJAN DI JAWA BARAT
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ENSEMBLE KALMAN FILTER* PADA
MODEL GSTAR-SUR**

ABSTRAK

Ensemble Kalman Filter (EnKF) merupakan metode estimasi modifikasi dari *Kalman Filter* yang dapat digunakan untuk mengestimasi model sistem linear ataupun nonlinear. Metode EnKF dijalankan dengan membangkitkan sejumlah *ensemble* yang merupakan representasi dari variable *state* (keadaan). Pada penelitian ini, metode EnKF diterapkan pada model GSTAR-SUR yang bertujuan untuk meminimalkan error yang sudah didapatkan sebelumnya. Data yang digunakan adalah data curah hujan bulanan dari empat stasiun pengamatan di Jawa Barat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui model GSTAR-SUR dengan menggunakan metode EnKF, dan mengetahui hasil prediksi curah hujan di Jawa Barat dengan metode EnKF. Untuk melihat akurasi dari masing-masing model, dilakukan perbandingan dengan cara menggunakan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) pada data out-sample. Model yang memiliki nilai RMSE terkecil, dipilih sebagai model terbaik. Model GSTAR-SUR terbaik yang terbentuk untuk prediksi curah hujan di Jawa Barat dengan menggunakan metode EnKF adalah GSTAR-SUR $(2_1) - I(1)$. Selanjutnya akan dilakukan simulasi dengan menerapkan metode EnKF dengan mencoba beberapa N_e *ensemble*, yaitu 200, 300, 400, dan 500. Hasil prediksi curah hujan dengan menggunakan metode EnKF pada model GSTAR-SUR memiliki hasil prediksi yang lebih baik, karena memiliki nilai RMSE yang lebih kecil dibandingkan dengan model GSTAR-SUR. Hal ini menunjukkan bahwa model GSTAR-SUR yang diestimasi dengan menggunakan EnKF mampu memperbaiki hasil prediksi dari model GSTAR-SUR.

Kata Kunci : Curah Hujan, Prediksi, GSTAR, GSTAR-SUR, *Ensemble Kalman Filter* (EnKF).

PREDICTION OF RAINFALL IN WEST JAVA USING ENSEMBLE KALMAN FILTER METHOD ON GSTAR-SUR MODEL

ABSTRACT

Ensemble Kalman Filter (EnKF) is a modified estimation method of Kalman Filter that can be used to estimate linear or nonlinear system models. The EnKF method is executed by generating a number of ensembles that are representations of state variables. In this study, the EnKF method was applied to the GSTAR-SUR model which aims to minimize errors that have been obtained previously. The data used are monthly rainfall data from four observation stations in West Java. The purpose of this study is to find out the GSTAR-SUR model using the EnKF method, and find out the results of rainfall predictions in West Java using the EnKF method. To see the accuracy of each model, a comparison is made by using the Root Mean Square Error (RMSE) value in the out-sample data. The model that has the smallest RMSE value, is chosen as the best model. The best GSTAR-SUR model formed for rainfall prediction in West Java using the EnKF method is GSTAR-SUR $(2_1) - I(1)$. Furthermore, simulation will be carried out by applying the EnKF method by trying several N_e ensembles (200, 300, 400, and 500). The results of rainfall prediction using the EnKF method on the GSTAR-SUR model have better prediction results, because they have a smaller RMSE value compared to the GSTAR-SUR model. This shows that the GSTAR-SUR model estimated using EnKF is able to improve the predictive results of the GSTAR-SUR model.

Keywords: Rainfall, Prediction, GSTAR, GSTAR-SUR, Ensemble Kalman Filter (EnKF).

DAFTAR ISI

| | |
|--|----------|
| HALAMAN JUDUL | |
| LEMBAR HAK CIPTA | |
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| LEMBAR PERNYATAAN | |
| KATA PENGANTAR | |
| UCAPAN TERIMAKASIH | |
| ABSTRAK | |
| ABSTRACT | |
| DAFTAR ISI..... | i |
| DAFTAR TABEL..... | iii |
| DAFTAR GAMBAR..... | iv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | v |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Manfaat..... | 4 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1 Curah Hujan..... | 6 |
| 2.2 <i>Multivariate Time Series</i> | 7 |
| 2.2.1 <i>Matrix Cross-correlation Function (MCCF)</i> | 9 |
| 2.2.2 <i>Matrix Partial Cross-correlation Function (MPCCF)</i> | 9 |
| 2.3 Model Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR)..... | 10 |
| 2.4 <i>Seemingly Unrelated Regression (SUR)</i> | 12 |
| 2.5 Uji Signifikansi Parameter..... | 14 |
| 2.6 Uji Diagnostik Model..... | 14 |
| 2.6.1 Uji <i>White Noise</i> | 15 |
| 2.6.2 Uji Multivariat Normal..... | 15 |
| 2.7 Metode <i>Ensemble Kalman Filter</i> | 15 |
| 2.8 Pemilihan Kriteria Terbaik..... | 18 |

| | |
|--|----|
| 2.8.1 Akaike's Information Criteria (AIC) | 18 |
| 2.8.2 Root Mean Square Error (RMSE)..... | 19 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 20 |
| 3.1 Jenis dan Sumber Data | 20 |
| 3.2 Variabel Penelitian | 20 |
| 3.3 Analisis Data Penelitian | 20 |
| BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 24 |
| 4.1 Analisis Deskriptif..... | 24 |
| 4.2 Stasioneritas Data Curah Hujan..... | 26 |
| 4.3 Identifikasi GSTAR..... | 29 |
| 4.4 Estimasi Parameter Model GSTAR..... | 30 |
| 4.5 Uji diagnostik Model | 35 |
| 4.5.1 Uji White Noise..... | 35 |
| 4.5.2 Uji <i>Multivariate Normal</i> | 36 |
| 4.6 Metode <i>Ensemble Kalman Filter</i> | 36 |
| 4.7 Perbandingan Model GSTAR-SUR dan GSTAR-SUR <i>Ensemble Kalman Filter</i> | 40 |
| BAB V PENUTUP | 43 |
| 5.1 Kesimpulan | 43 |
| 5.2 Saran..... | 44 |
| DAFTAR PUSTAKA | 45 |
| LAMPIRAN..... | 48 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Transformasi Box-Cox | 8 |
| Tabel 2. 2 Algoritma Ensemble Kalman Filter | 17 |
| Tabel 4. 1 Statistik Deskriptif Data Curah Hujan | 24 |
| Tabel 4. 2 Nilai Korelasi Antar Lokasi | 26 |
| Tabel 4. 3 Hasil Transformasi Box-Cox | 27 |
| Tabel 4. 4 Hasil Uji Augmented Dickey Fuller | 28 |
| Tabel 4. 5 Nilai AICC Pada Data Curah Hujan | 29 |
| Tabel 4. 6 Jarak Antar Stasiun Pengamatan BMKG | 30 |
| Tabel 4. 7 Nilai Varian-Kovarians Antar Galat | 31 |
| Tabel 4. 8 Hasil Estimasi Parameter Full Model GSTAR-SUR (21) – I(1) | 32 |
| Tabel 4. 9 Hasil Estimasi Parameter GSTAR-SUR (21) – I(1) | 34 |
| Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kolmogorov Smirnov | 36 |
| Tabel 4. 11 Nilai Rata-rata Norm Kovariansi error dan Rata-rata error | 39 |
| Tabel 4. 12 Hasil Estimasi Parameter EnKF Pada Model GSTAR-SUR | 40 |
| Tabel 4. 13 Nilai RMSE Out-sample GSTAR-SUR dan GSTAR-SUR EnKF | 41 |
| Tabel 4. 14 Prediksi Curah Hujan Bulan Januari-Desember 2022 | 42 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian | 23 |
| Gambar 4. 1 Plot Time Series Curah Hujan di 4 Stasiun Pengamatan BMKG..... | 25 |
| Gambar 4. 2 Skema Plot MCCF Data Asli | 27 |
| Gambar 4. 3 Skema Plot MCCF Hasil Differencing | 28 |
| Gambar 4. 4 Skema Plot MPCCF Data Curah Hujan..... | 29 |
| Gambar 4. 5 Skema Plot MCCF Residual Data Curah Hujan | 36 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. Data Curah Hujan di Keempat Stasiun Pengamatan di Jawa Barat | 48 |
| Lampiran 2. Plot transformasi Box-Cox empat stasiun pengamatan BMKG..... | 49 |
| Lampiran 3. Data Hasil differencing ke-1. | 52 |
| Lampiran 4. Program Ensemble Kalman Filter Untuk Parameter GSTAR-SUR..... | 54 |
| Lampiran 5. Hasil Prediksi Data Out-sample Curah Hujan..... | 56 |

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG. (n.d.). *Probabilistik Curah Hujan 20 mm (tiap 24 jam)*. Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika. Retrieved March 2, 2022, from [https://www.bmkg.go.id/cuaca/probabilistik-curah-hujan.bmkg#:~:text=Ambang%20batas%20nilai%20yang%20digunakan,hari%20\(kuning\)%20%3A%20Hujan%20sedang](https://www.bmkg.go.id/cuaca/probabilistik-curah-hujan.bmkg#:~:text=Ambang%20batas%20nilai%20yang%20digunakan,hari%20(kuning)%20%3A%20Hujan%20sedang)
- Borovkova, S., Lopuhaä, H. P., & Ruchjana, B. N. (2008). Consistency and asymptotic normality of least squares estimators in generalized STAR models. *Statistica Neerlandica*, 62(4). <https://doi.org/10.1111/j.1467-9574.2008.00391.x>
- Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (1991). *Time Series :Theory and Methods. 2nd Edition*.
- Buthmann, A. (2015). *Making Data Normal Using Box-Cox Power Transformation*. ISixSigma. <https://www.isixsigma.com/tools-templates/normality/making-data-normal-using-box-cox-power-transformation/>
- Cryer, J. D., & Chan, K.-S. (2008). *Time Series Analysis With Applications in R* (Second Edition). Springer Science+Business Media,LLC.
- Dufour, J.-M., & Khalaf, L. (2002). Exact tests for contemporaneous correlation of disturbances in seemingly unrelated regressions. *Journal of Econometrics*, 106(1), 143–170. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(01\)00093-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(01)00093-8)
- Eknes, M., & Evensen, G. (2002). An Ensemble Kalman filter with a 1-D marine ecosystem model. *Journal of Marine Systems*, 36(1–2). [https://doi.org/10.1016/S0924-7963\(02\)00134-3](https://doi.org/10.1016/S0924-7963(02)00134-3)
- Gumanti, N. D., & Sutikno, S. (2011). *Penerapan Metode GSTAR dengan Pendekatan Spatio-Temporal untuk Memodelkan Kejadian Demam Berdarah*.
- Herlina, N., & Prasetyorini, A. (2020). Effect of Climate Change on Planting Season and Productivity of Maize (*Zea mays* L.) in Malang Regency. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 118–128. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.1.118>
- Hurvich, C. M., Simonoff, J. S., & Tsai, C.-L. (1998). Smoothing parameter selection in nonparametric regression using an improved Akaike information criterion. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 60(2), 271–293. <https://doi.org/10.1111/1467-9868.00125>

- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan* (Edisi 2). Bina Rupa Aksara.
- Pfeifer, P. E., & Jay Deutsch, Stuart. (1980). Stationarity and invertibility regions for low order starma models. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 9(5). <https://doi.org/10.1080/03610918008812173>
- Prillantika, J. R., Apriliani, E., & Wahyuningsih, N. (2018). Comparison between GSTAR and GSTAR-Kalman Filter models on inflation rate forecasting in East Java. *Journal of Physics: Conference Series*, 974, 012039. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/974/1/012039>
- Purnomo, D. K., & Apriliani, E. (2008). *Estimasi Populasi Plankton dengan Ensemble Kalman Filter Estimation of Plankton Population Using Ensemble Kalman Filter*.
- Rochdiani, D., Kusno, K., & Saefudin, B. R. (2017). RISIKO PERUBAHAN IKLIM SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PENDAPATAN PETANI USAHATANI PADI DI JAWA BARAT. *Prosiding Seminar Nasional Lembaga Penelitian Universitas Islam Riau Mitigasi dan Strategi Adaptasi Dampak Perubahan Iklim Di Indonesia*, 263–271.
- Ruchjana, B. N. (2002). Pemodelan Kurva Produksi Minyak Bumi Menggunakan Model Generalisasi Star. *Forum Statistika Dan Komputasi*, 1–6.
- Setiawan, S., et.al (2016). S-GSTAR-SUR model for seasonal spatio temporal data forecasting Scheme of National Research View project Spatial Vector Autoregressive for Inflation and Money Supply Modeling View project S-GSTAR-SUR Model for Seasonal Spatio Temporal Data Forecasting. In *MALAYSIAN JOURNAL OF MATHEMATICAL SCIENCES Journal homepage* (Vol. 10). <http://einspem.upm.edu.my/journal>
- Srivastava, V. K., & Dwivedi, T. D. (1979). Estimation of seemingly unrelated regression equations. *Journal of Econometrics*, 10(1). [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(79\)90061-7](https://doi.org/10.1016/0304-4076(79)90061-7)
- Suhartono, & Atok. (2006). Pemilihan Bobot Lokasi yang Optimal pada Model GSTAR. *Prosiding Konfrensi Nasional Matematika XIII*.
- Sumayang, L. (2003). *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Salemba Empat.
- Supriyati, S., Tjahjono, B., & Effendy, S. (2018). ANALISIS POLA HUJAN UNTUK MITIGASI ALIRAN LAHAR HUJAN GUNUNGAPI SINABUNG. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 20(2), 95–100. <https://doi.org/10.29244/jitl.20.2.95-100>

- Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis : Univariate and Multivariate Methods* (2nd ed.). Pearson Education, Inc.
- Welch, G., & Bishop, G. (2006). *An Introduction to the Kalman Filter*. <http://www.cs.unc.edu/~gb>
- Wibisono, D. A., Anggraeni, D., & Hadi, A. F. (2019). PERBAIKAN MODEL SEASONAL ARIMA DENGAN METODE ENSEMBLE KALMAN FILTER PADA HASIL PREDIKSI CURAH HUJAN. *Majalah Ilmiah Matematika Dan Statistika*, 19(1), 9. <https://doi.org/10.19184/mims.v19i1.17262>
- Wulandari, U. N. (2020). *Ensemble Model Arima dan Gstar Pada Peramalan Curah Hujan Menggunakan Kalman Filter*. Master Thesis. Universitas Jember. <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/101773>
- Wutsqa, D. U., Suhartono, & Sutijo, B. (2012). Aplikasi Model Generalized Space Time Autoregressive Pada Data Pencemaran Udara di Kota Surabaya. *Journal Pythagoras*, 7(2).
- Zellner, A. (1962). An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias. *Journal of the American Statistical Association*, 57(298), 348–368. <https://doi.org/10.1080/01621459.1962.10480664>