

**PEMODELAN *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE*
UNTUK MERAMALKAN KELEMBABAN UDARA PADA 3 STASIUN
PENGAMATAN DI PROVINSI BANTEN**

(Skripsi)

Oleh

**ASTINA
NPM 1917031075**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PEMODELAN *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE* UNTUK MERAMALKAN KELEMBABAN UDARA PADA 3 STASIUN PENGAMATAN DI PROVINSI BANTEN

Oleh

ASTINA

Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) merupakan model yang lebih fleksibel sebagai generalisasi dari model *Space Time Autoregressive* (STAR). Model GSTAR ialah model yang menjelaskan hubungan antara ruang dan waktu dengan asumsi bahwa parameter ruang dan waktu berbeda untuk setiap lokasi, sehingga dapat diterapkan pada lokasi yang heterogen. Dalam penelitian ini menggunakan 2 bobot lokasi yakni bobot invers jarak dan bobot normalisasi korelasi silang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh model terbaik yang akan digunakan untuk peramalan periode selanjutnya pada data kelembaban udara di stasiun klimatologi Tangerang Selatan (Z_1), stasiun meteorologi Serang (Z_2) dan stasiun geofisika Tangerang (Z_3). Estimasi parameter pada penelitian ini menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Dari hasil analisis diperoleh model terbaik yakni GSTAR(1;1) dengan bobot normalisasi korelasi silang yang memiliki nilai RMSE dan MAPE terkecil yakni sebesar 3.27 dan 3.18%.

Kata kunci: GSTAR, Bobot Lokasi, Kelembaban Udara, RMSE, MAPE

ABSTRACT

GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE MODELING TO FORECAST AIR HUMIDITY AT 3 OBSERVATION STATIONS IN BANTEN PROVINCE

By

ASTINA

The Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) model is a more flexible generalization of the Space Time Autoregressive (STAR) model. The GSTAR model is a model that explains the relationship between space and time with the assumption that the parameters of space and time are different for each location, so that it can be applied to heterogeneous locations. In this study, 2 location weights were used, namely the distance inverse weight and the cross-correlation weight. The purpose of this study is to obtain the best model to be used for forecasting the next period based on air humidity data at the South Tangerang climatology station (Z_1), Serang meteorological station (Z_2) and Tangerang geophysical station (Z_3). Parameter estimation in this study uses the Ordinary Least Square (OLS) method. From the results of the analysis, the best model was obtained, namely GSTAR(1;1) with the normalized cross-correlation weight, which had the smallest RMSE and MAPE values of 3.27 and 3.18%.

Keywords: GSTAR, Location Weight, Air Humidity, RMSE, MAPE

**PEMODELAN *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE*
UNTUK MERAMALKAN KELEMBABAN UDARA PADA 3 STASIUN
PENGAMATAN DI PROVINSI BANTEN**

Oleh

ASTINA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar
SARJANA MATEMATIKA**

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PEMODELAN *GENERALIZED SPACE TIME* AUTOREGRESSIVE UNTUK MERAMALKAN KELEMBABAN UDARA PADA 3 STASIUN PENGAMATAN DI PROVINSI BANTEN**

Nama Mahasiswa : **Astina**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031075**

Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.
NIP. 195701011984031020

Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196207041988031002

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19740316 200501 1 001

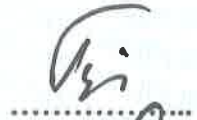
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.



Sekretaris : Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.



Anggota : Dian Kurniasari, S.Si., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 01 Agustus 2023

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Astina**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031075**

Jurusan : **Matematika**

Judul : **PEMODELAN *GENERALIZED SPACE TIME*
AUTOREGRESSIVE UNTUK MERAMALKAN
KELEMBABAN UDARA PADA 3 STASIUN
PENGAMATAN DI PROVINSI BANTEN**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 01 Agustus 2023
Penulis,



Astina
NPM. 1917031075

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Astina, anak bungsu dari Bapak Badrun dan Ibu Nurbaiti. Penulis lahir di Sidoasri pada tanggal 02 Agustus 2001. Penulis beralamat di desa Sidoasri, kecamatan Candipuro, kabupaten Lampung Selatan. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 1 Sidoasri pada tahun 2007-2013, kemudian sekolah menengah di SMPN 1 Sidomulyo pada tahun 2013-2016 dan di SMAN 1 Sidomulyo pada tahun 2016-2019.

Pada tahun 2019 penulis diterima sebagai mahasiswi di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selain di bidang akademik, penulis juga aktif dalam organisasi. Pada tahun 2020 penulis menjadi Anggota Biro Kesekretariatan Himatika dan juga Anggota BSO BBQ Rois FMIPA. Pada tahun 2021 penulis menjadi Sekretaris Bidang Kajian dan Keummatan Rois FMIPA dan di tahun 2022 penulis menjadi Bendahara Dinas PSDM BEM FMIPA.

Pada tahun 2022 penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di Dinas Komunikasi, Informatika dan Statistik Provinsi Lampung dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Bandar Negeri, kecamatan Labuhan Maringgai, kabupaten Lampung Timur.

KATA INSPIRASI

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan,
sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”*

(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

*“Dan ketahuilah, sesungguhnya kemenangan itu beriringan dengan kesukaran.
Dan sesudah kesulitan pasti akan datang kemudahan.”*

(HR. Tirmidzi)

*“Jangan menjelaskan tentang dirimu kepada siapapun, karena yang menyukaimu
tidak butuh itu dan yang membencimu tidak percaya itu.”*

(Ali bin Abi Thalib)

*“Jangan pernah menyalahkan siapapun dalam hidupmu.
Orang baik memberimu kebahagiaan, orang jahat memberimu pengalaman,
orang terburuk memberimu pelajaran dan orang terbaik memberimu kenangan.”*

(Allan & Barbara Pease)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'aalamiin..

Puji dan syukur senantiasa terpanjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala.

Kupersembahkan karyaku ini kepada:

Diri Sendiri

Yang telah berjuang dengan sekuat tenaga dan pikiran.

Bapak, Ibu dan Kakak-kakakku

Orang tuaku tercinta: Bapak Badrun dan Ibu Nurbaiti serta kakak-kakakku
terkasih: Aden, Ses dan Ohti yang selalu memberikan do'a, dukungan dan kasih
sayang.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Teman-teman baikku

Teman-teman yang telah kebersamai dan selalu mendukung serta mendo'akan
dalam hal kebaikan.

Almamaterku, Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji dan syukur kehadirat Allah subhanahu wa ta'ala, karena rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pemodelan *Generalized Space Time Autoregressive* untuk Meramalkan Kelembaban Udara pada 3 Stasiun Pengamatan di Provinsi Banten”.

Selama proses penulisan dan penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memotivasi dan memberikan pengarahan, serta memberikan saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan pengarahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
3. Ibu Dian Kurniasari, S.Si., M.Sc., selaku Pembahas skripsi yang telah memberikan evaluasi, arahan dan juga saran demi perbaikan skripsi ini;
4. Bapak Drs. Eri Setiawan, M.Si., selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama perkuliahan;
5. Seluruh dosen jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung atas bekal ilmu yang diajarkan selama perkuliahan;
6. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung;
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung;

8. Orang tua tercinta: Bapak Badrun dan Ibu Nurbaiti atas segala dukungan, motivasi, pengorbanan dan kasih sayang, serta tulus memberikan do'a untuk kemudahan dan kelancaran dalam penyelesaian skripsi ini;
9. Kakak-kakak terkasih: Aden, Ses dan Ohti yang selalu memberikan do'a, dukungan dan semangat kepada penulis selama perkuliahan sampai terselesaikannya skripsi ini;
10. Ponakan-ponakan tersayang: Rafif Azka dan Hanin Dhiya yang telah menghibur dan menumbuhkan semangat dikala lelah mengerjakan skripsi;
11. Zida, Nur Azizah, Neni, Nurul, Anisa Fitriyani, Yeni dan Tiara yang selalu memberikan semangat dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
12. Teman-teman Jurusan Matematika angkatan 2019 yang telah menjadi rekan seperjuangan selama perkuliahan;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan do'a, motivasi dan turut membantu kelancaran penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan pada skripsi ini, baik dari segi isi maupun cara penyampaian. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 01 Agustus 2023
Penulis,

Astina

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Indeks Gini	5
2.2 Stasioneritas.....	5
2.3 Model <i>Vector Autoregressive</i> (VAR).....	6
2.4 Model <i>Generalized Space Time Autoregressive</i> (GSTAR).....	7
2.5 Identifikasi Model	8
2.6 Bobot Lokasi	9
2.6.1 Bobot Invers Jarak	9
2.6.2 Bobot Normalisasi Korelasi Silang	10
2.7 Estimasi Parameter Model GSTAR.....	11
2.8 Uji Kesesuaian Model	12
2.9 Ukuran Akurasi Peramalan.....	13
2.10 Peramalan	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Data Penelitian.....	16
3.3 Metode Penelitian.....	17

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Deskripsi Data Kelembaban Udara	18
4.2 Perhitungan Indeks Gini	19
4.3 Uji Kestasioneran Data Kelembaban Udara.....	20
4.4 Identifikasi Model GSTAR	21
4.5 Perhitungan Bobot Lokasi	21
4.5.1 Perhitungan Bobot Invers Jarak.....	22
4.5.2 Perhitungan Bobot Normalisasi Korelasi Silang	23
4.6 Estimasi Parameter Model GSTAR.....	24
4.7 Uji Kesesuaian Model	26
4.8 Pemilihan Model Terbaik	28
4.9 Peramalan Data Kelembaban Udara.....	28
V. KESIMPULAN	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kategori Peramalan Berdasarkan Nilai MAPE.....	14
2. Statistika Deskriptif Data Kelembaban Udara	18
3. Perhitungan Indeks Gini	19
4. Uji ADF Data Kelembaban Udara	20
5. Nilai AIC <i>Lag</i> untuk Model VAR	21
6. Jarak Antarlokasi	22
7. Estimasi Parameter dengan Bobot Invers Jarak.....	24
8. Estimasi Parameter dengan Bobot Normalisasi Korelasi Silang	25
9. Hasil Uji Ljung-Box dengan <i>p-value</i>	27
10. Hasil Uji Ljung-Box dengan Nilai <i>Q</i>	27
11. Nilai RMSE dan MAPE.....	28
12. Nilai Peramalan Data Kelembaban Udara pada Bulan Mei Hingga Desember 2022.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Plot Data Kelembaban Udara di 3 Lokasi	19
2. Plot Data Aktual, Data Prediksi & Data Peramalan Kelembaban Udara di Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan	29
3. Plot Data Aktual, Data Prediksi & Data Peramalan Kelembaban Udara di Stasiun Meteorologi Serang	30
4. Plot Data Aktual, Data Prediksi & Data Peramalan Kelembaban Udara di Stasiun Geofisika Tangerang	30

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Cuaca merupakan fenomena alam yang sangat penting bagi kehidupan, salah satunya pada bidang pertanian. Hubungan cuaca dapat memengaruhi sifat-sifat kimia dan fisika tanah serta organisme yang hidup di dalamnya, sehingga cuaca dapat berpengaruh pada kualitas produksi tanaman yang dipanen. Komponen utama yang membentuk cuaca yaitu kelembaban udara, suhu udara, curah hujan dan kecepatan angin. Indonesia memiliki lembaga yang bertanggung jawab memantau perkembangan cuaca, yakni Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Indonesia merupakan salah satu negara dengan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) terbesar. Namun, pada saat ini sebagian masyarakat telah memanfaatkan energi matahari menggunakan sel surya untuk mengendalikan pemakaian BBM di Indonesia (Rahmalia & Rohmatullah, 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rahmalia & Herlambang (2017), intensitas matahari dipengaruhi oleh salah satu komponen yaitu kelembaban udara, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan peramalan pada data kelembaban udara.

Kelembaban udara berguna untuk membantu aktivitas budidaya pada tanaman, meramal cuaca yang nanti akan terjadi dan untuk memprediksi kebutuhan pendinginan ruangan. Untuk meramalkan kelembaban udara, diperlukan suatu metode analisis statistika. Salah satu metode analisis statistika yang digunakan untuk meramalkan struktur probabilistik kondisi masa yang akan datang adalah analisis deret waktu.

Analisis deret waktu diartikan sebagai serangkaian data yang didapatkan berdasarkan pengamatan dari suatu kejadian pada urutan waktu yang terjadi. Analisis deret waktu digunakan ketika data yang digunakan terikat waktu (Toharudin, dkk., 2022). Tujuan dari analisis deret waktu adalah untuk memodelkan data deret waktu dan untuk meramalkan nilai masa depan dari suatu deret waktu berdasarkan sejarah dari deret waktu tersebut (Cryer & Chan, 2008).

Berdasarkan variabel yang diamati, deret waktu dibagi menjadi 2, yakni deret waktu univariat dan deret waktu multivariat. Deret waktu univariat adalah deret waktu yang hanya mengamati 1 variabel, sedangkan deret waktu multivariat umumnya digunakan untuk memodelkan beberapa variabel dalam deret waktu (Suhartono, dkk., 2019).

Perkembangan mengenai analisis deret waktu memunculkan pemikiran bahwa beberapa data dari suatu kejadian tidak hanya mempunyai keterkaitan dengan kejadian-kejadian pada waktu sebelumnya, tetapi juga mempunyai keterkaitan dengan lokasi. Data yang berkaitan dengan kejadian pada waktu sebelumnya dan juga berkaitan dengan lokasi yang berbeda adalah data *space time* (Aufa, dkk., 2022).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis data *space time* adalah metode *Space Time Autoregressive* (STAR). Metode STAR merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memodelkan dan meramalkan data deret waktu dan lokasi. Metode STAR diperkenalkan oleh Pfeifer & Deutsch (1980). Namun, metode STAR memiliki kelemahan yaitu metode ini mengasumsikan bahwa parameter ruang dan waktu bernilai sama pada semua lokasi (homogen).

Karena sering ditemukannya fenomena lokasi dengan sifat yang heterogen, maka kelemahan dari metode STAR telah diperbaiki dan dikembangkan oleh Borovkova dkk., (2002) yang dikenal dengan metode *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR). Metode GSTAR adalah metode yang menjelaskan

hubungan antara ruang dan waktu dengan asumsi bahwa parameter ruang dan waktu berbeda untuk setiap lokasi, sehingga dapat diterapkan pada lokasi yang heterogen.

Terdapat beberapa penelitian yang menerapkan metode GSTAR, diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Islamiyah dkk., (2018) yang melakukan penelitian pada data penderita TB paru (BTA+) di DKI Jakarta, diperoleh model terbaik yakni GSTAR(1;1) dengan pembobot normalisasi korelasi silang yang memiliki nilai RMSE sebesar 73.57728. Kemudian ada penelitian yang dilakukan oleh Ningsih (2019) yang melakukan penelitian pada data harga saham syari'ah di *Jakarta Islamic Index* (JII), diperoleh model terbaik yakni GSTAR(1;1) dengan nilai MAPE sebesar 2.264%. Ada juga penelitian yang dilakukan oleh Aryani dkk., (2020) yang melakukan penelitian pada data nilai tukar petani di 3 provinsi pulau Sumatera, diperoleh model terbaik yakni GSTAR(1;1)-I(1) dengan nilai RMSE sebesar 1.097775.

Selain itu, masih terdapat banyak penelitian terkait metode GSTAR, diantaranya yakni penelitian yang dilakukan oleh Mario dkk., (2021) yang melakukan penelitian pada data tingkat inflasi di pulau Jawa, diperoleh model terbaik yakni GSTAR(1;1) dengan nilai MSE sebesar 2.101898. Kemudian, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Muzdhalifah dkk., (2022) yang melakukan penelitian pada data penerbangan domestik pada tiga bandar udara di pulau Jawa, diperoleh model terbaik yakni GSTAR(1;1)-I(1) dengan nilai MAPE untuk masing-masing lokasi yakni 2.60%, 4.18% dan 9.89%. Dan juga ada penelitian yang dilakukan oleh Nurhidayah dkk., (2023) yang melakukan penelitian pada kasus stunting di Sulawesi Barat, diperoleh model terbaik GSTAR(2;1) untuk bobot seragam memiliki nilai RMSE sebesar 7.129445×10^{-12} , sedangkan dengan bobot invers jarak memiliki nilai RMSE sebesar 8.84714×10^{-12} .

Yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah data kelembaban udara pada 3 stasiun pengamatan di provinsi Banten yakni stasiun klimatologi Tangerang Selatan, stasiun meteorologi Serang dan stasiun geofisika Tangerang. 3 lokasi tersebut dijadikan objek penelitian, karena memiliki karakteristik yang berbeda dan memiliki hubungan keeratan yang kuat.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis akan menggunakan metode GSTAR untuk memodelkan dan meramalkan data kelembaban udara pada 3 stasiun pengamatan di provinsi Banten yang diperoleh dari *website* Badan Pusat Statistik (BPS) provinsi Banten.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh model GSTAR terbaik untuk data kelembaban udara pada 3 stasiun pengamatan di provinsi Banten.
2. Meramalkan data periode selanjutnya dari model GSTAR terbaik yang telah diperoleh untuk data kelembaban udara pada 3 stasiun pengamatan di provinsi Banten.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan dalam memodelkan data kelembaban udara pada 3 stasiun pengamatan di provinsi Banten.
2. Menambah pengetahuan dalam meramalkan data periode selanjutnya dari model yang telah diperoleh untuk data kelembaban udara pada 3 stasiun pengamatan di provinsi Banten.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Indeks Gini

Indeks Gini diperkenalkan oleh statistikawan Italia yang bernama Corrado Gini pada tahun 1912. Indeks Gini digunakan untuk menganalisis keheterogenan lokasi (Aufa, dkk., 2022). Nilai indeks Gini berkisar antara 0 sampai dengan 1. Semakin tinggi nilai indeks Gini, maka semakin heterogen lokasi penelitian (Risnandar & Achmad, 2023).

Rumus yang digunakan untuk mencari nilai indeks Gini adalah sebagai berikut:

$$G_i = 1 + \frac{1}{n_i} - \frac{2}{n_i^2 \bar{y}_i} \sum_{t=1}^{n_i} y_i \quad (2.1)$$

dengan:

G_i = nilai indeks Gini untuk lokasi ke- i ,

y_i = nilai variabel yang diamati untuk lokasi ke- i ,

\bar{y}_i = rata-rata nilai variabel yang diamati untuk lokasi ke- i ,

n_i = banyaknya data yang diamati untuk lokasi ke- i .

2.2 Stasioneritas

Stasioneritas memiliki arti bahwa data tidak mengandung unsur musiman dan *trend*, baik *trend* naik maupun turun (Adella, dkk., 2022). Pada penelitian ini akan digunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF) untuk mengecek kestasioneran data. ADF adalah salah satu pengujian stasioneritas data yang menentukan apakah data deret waktu memiliki akar unit di dalam model atau tidak (Wei, 2006).

Jika diberikan model AR(1) sebagai berikut:

$$Z_t = \phi Z_{t-1} + e_t \quad (2.2)$$

dengan mengurangi Z_{t-1} pada kedua sisi, maka persamaan (2.2) menjadi:

$$\begin{aligned} Z_t - Z_{t-1} &= \phi Z_{t-1} - Z_{t-1} + e_t \\ \nabla Z_t &= (\phi - 1)Z_{t-1} + e_t \\ \nabla Z_t &= \phi^* Z_{t-1} + e_t \end{aligned} \quad (2.3)$$

Langkah-langkah yang digunakan dalam uji ADF adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis:

H_0 : data mengandung akar unit (data tidak memenuhi asumsi stasioneritas)

H_1 : data tidak mengandung akar unit (data memenuhi asumsi stasioneritas)

2. Taraf signifikansi: $\alpha = 0.05$

3. Statistik uji:

$$\tau = \frac{\hat{\phi}^*}{SE(\hat{\phi}^*)} \quad (2.4)$$

dengan:

$\hat{\phi}^*$ = nilai dugaan parameter *autoregressive*,

$SE(\hat{\phi}^*)$ = *standard error* nilai dugaan parameter *autoregressive*.

4. Daerah kritis:

Tolak H_0 jika $\tau_{hitung} \leq \tau_{tabel}$ atau $p\text{-value} \leq \alpha$

5. Keputusan

6. Kesimpulan

2.3 Model Vector Autoregressive (VAR)

Model *Vector Autoregressive* (VAR) pertama kali diperkenalkan oleh Chistoper Sims pada tahun 1980. Model VAR merupakan salah satu model dalam deret waktu multivariat yang digunakan untuk melihat hubungan antar variabel yang diteliti (Wei, 2006).

Model VAR(1) adalah sebagai berikut:

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

Model VAR(p) adalah sebagai berikut:

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-1} + \Phi_2 Z_{t-2} + \dots + \Phi_p Z_{t-k} + \varepsilon_t \quad (2.6)$$

dengan:

Z_t = vektor variabel acak berukuran $m \times 1$ pada waktu ke- t ,

Φ_p = matriks parameter berukuran $m \times m$ untuk setiap $m = 1, 2, \dots, k$,

ε_t = vektor residual berukuran $m \times 1$ pada waktu ke- t .

2.4 Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR)

Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) pertama kali diperkenalkan oleh Borovkova dkk., (2002). Model GSTAR adalah model yang lebih fleksibel sebagai generalisasi dari model *Space Time Autoregressive* (STAR) yang menjelaskan hubungan antara ruang dan waktu dengan asumsi bahwa parameter ruang dan waktu berbeda untuk setiap lokasi, sehingga dapat diterapkan pada lokasi yang heterogen. GSTAR adalah model khusus dari model *Vector Autoregressive* (VAR) yang merupakan kombinasi *time series* dan model spasial yang memiliki asumsi parameter *autoregressive* dan parameter *space time* memiliki nilai yang berbeda untuk setiap lokasi pengamatan (Abdullah, dkk., 2018).

Model GSTAR($p; \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$) dengan p sebagai orde *autoregressive* dan $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ sebagai orde spasial adalah sebagai berikut:

$$Z_t = \sum_{k=1}^p [\Phi_{k0} \sum_{l=1}^{\lambda_p} \Phi_{kl} W^l] Z_{t-k} + \varepsilon_t \quad (2.7)$$

dengan:

Z_t = vektor pengamatan berukuran $m \times 1$ pada waktu ke- t ,

k = lag waktu,

- p = orde *autoregressive*,
 Φ_{k0} = parameter *autoregressive* pada *lag* waktu ke- k dan *lag* spasial 0,
 λ_p = orde spasial ke- p dari bentuk *autoregressive*,
 l = *lag* spasial,
 Φ_{kl} = parameter *autoregressive* pada *lag* waktu ke- k dan *lag* spasial l ,
 W^k = matriks pembobot berukuran $m \times m$ untuk setiap orde spasial l yang memenuhi $W_{ii} = 0$ dan $\sum_{i \neq j} W_{ij} = 1$,
 t = waktu pengamatan,
 ε_t = vektor residual terhadap waktu ke- t berukuran $m \times m$ bersifat *white noise*.

2.5 Identifikasi Model

Proses identifikasi model meliputi penentuan orde *autoregressive* dan orde spasial (Wutsqa, 2012). Orde *autoregressive* ditentukan dengan menggunakan *Akaike Information Criterion* (AIC) dan orde spasial ditentukan dengan menggunakan bobot lokasi. Orde spasial pada model GSTAR dibatasi pada orde 1, karena model dengan orde spasial yang lebih tinggi akan sulit untuk diinterpretasikan (Wutsqa, dkk., 2010). Suatu model dikatakan baik apabila mempunyai nilai AIC paling kecil (Irawati, 2015).

Menurut Tsay (2005), perhitungan nilai AIC adalah sebagai berikut:

$$AIC_i = \ln\left(\frac{\sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2}{T}\right) + \frac{2m^2i}{T} \quad (2.8)$$

dengan:

- $i = 0, 1, \dots, p$; p = orde model VAR,
 $\hat{\varepsilon}_i^2$ = kuadrat residual dari model VAR ke- i ,
 T = banyaknya pengamatan,
 m = banyaknya parameter yang diestimasi dalam model.

2.6 Bobot Lokasi

Keterkaitan spasial dalam model GSTAR dinyatakan dalam matriks pembobot (Islamiyah, dkk., 2018). Pada dasarnya matriks pembobot adalah matriks bujur sangkar berukuran $m \times m$ yang bisa berupa matriks simetris atau tidak simetris, dengan sifat sebagai berikut:

1. Diagonal matriks pembobot adalah 0, karena diasumsikan tidak ada jarak dengan dirinya sendiri.
2. Total bobot untuk setiap lokasi adalah 1, atau $\sum_{i \neq j} W_{i,j} = 1$.
3. Setiap nilai $W_{i,j} \geq 0$.

dimana $W_{i,j}$ adalah matriks pembobot untuk lokasi ke- i dan ke- j . Untuk bobot lokasi yang digunakan pada penelitian ini adalah bobot invers jarak dan bobot normalisasi korelasi silang.

2.6.1 Bobot Invers Jarak

Pembobotan dengan menggunakan invers jarak dilakukan berdasarkan jarak antar lokasi yang sebenarnya (Islamiyah, dkk., 2018). Bobot yang paling umum digunakan adalah pembobotan berdasarkan invers dari jarak *Euclidean* atau garis lurus antar lokasi. Jika diberikan dua lokasi dengan koordinat (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) , maka jarak *Euclidean* antar lokasi tersebut adalah:

$$d_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (2.9)$$

dengan:

$d_{i,j}$ = jarak lokasi ke- i dan ke- j ,

x_i = koordinat garis lintang pada lokasi ke- i ,

x_j = koordinat garis lintang pada lokasi ke- j ,

y_i = koordinat garis bujur pada lokasi ke- i ,

y_j = koordinat garis bujur pada lokasi ke- j .

Invers dari jarak *Euclidean* antar lokasi adalah $(d_{i,j})^{-1}$. Penentuan bobot invers jarak dapat dilakukan dengan menormalisasi nilai-nilai invers dari jarak *Euclidean* antar lokasi. Berikut adalah persamaan untuk bobot invers jarak.

$$W_{i,j} = \frac{(d_{i,j})^{-1}}{\sum_{j \neq i} (d_{i,j})^{-1}} \quad (2.10)$$

dimana $i \neq j$ dan memenuhi $\sum_{i \neq j} W_{i,j} = 1$.

2.6.2 Bobot Normalisasi Korelasi Silang

Pembobotan normalisasi korelasi silang didasarkan pada korelasi silang antar variabel pada *lag* waktu yang bersesuaian. Secara umum bobot korelasi silang antara lokasi ke- i dan ke- j pada *lag* waktu ke- k dapat didefinisikan sebagai berikut (Suhartono & Subanar, 2006):

$$\rho_{ij}(k) = \frac{\gamma_{ij}(k)}{\sigma_i \sigma_j}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2.11)$$

dengan:

$\gamma_{ij}(k)$ = kovarians silang antarkejadian di lokasi ke- i dan ke- j pada *lag* waktu ke- k ,

$\sigma_i \sigma_j$ = standar deviasi dari kejadian di lokasi ke- i dan ke- j .

Taksiran dari korelasi silang pada data sampel dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Islamiyah, dkk., 2018):

$$r_{i,j}(k) = \frac{\sum_{t=k+1}^n [Z_i(t) - \bar{Z}_i][Z_j(t-k) - \bar{Z}_j]}{\sqrt{(\sum_{t=1}^n [Z_i(t) - \bar{Z}_i]^2)(\sum_{t=1}^n [Z_j(t) - \bar{Z}_j]^2)}} \quad (2.12)$$

dengan:

\bar{Z}_i = rata-rata contoh pada vektor deret waktu ke- i ,

\bar{Z}_j = rata-rata contoh pada vektor deret waktu ke- j ,

n = banyaknya data yang diamati,

k = *lag* waktu.

Berikut merupakan rumus untuk menentukan elemen dalam pembobot normalisasi korelasi silang (Siagian, dkk., 2017).

$$W_{i,j}(k) = \frac{r_{i,j}(k)}{\sum_{j \neq i} |r_{i,j}(k)|} \quad (2.13)$$

dimana $i \neq j$ dan memenuhi $\sum_{j \neq i} |W_{i,j}(k)| = 1$.

2.7 Estimasi Parameter Model GSTAR

Borovkova dkk., (2008) menyatakan bahwa model GSTAR merupakan model regresi, sehingga metode yang biasa digunakan untuk mengestimasi parameter adalah *Ordinary Least Square* (OLS).

Persamaan umum model GSTAR dapat dituliskan dalam bentuk matriks berikut:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ \vdots \\ Z_N(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \phi_{k0}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \phi_{k0}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \phi_{k0}^N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-k) \\ Z_2(t-k) \\ \vdots \\ Z_N(t-k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{kl}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \phi_{kl}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \phi_{kl}^N \end{bmatrix} \\ & \begin{bmatrix} 0 & W_{12} & \cdots & W_{1N} \\ W_{21} & 0 & \cdots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-k) \\ Z_2(t-k) \\ \vdots \\ Z_N(t-k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ \vdots \\ e_N(t) \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ \vdots \\ Z_N(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \phi_{k0}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \phi_{k0}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \phi_{k0}^N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-k) \\ Z_2(t-k) \\ \vdots \\ Z_N(t-k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{kl}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \phi_{kl}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \phi_{kl}^N \end{bmatrix} \\ & \begin{bmatrix} 0 + W_{12}Z_2(t-k) + \cdots + W_{1N}Z_N(t-k) \\ W_{21}Z_1(t-k) + 0 + \cdots + W_{2N}Z_N(t-k) \\ \vdots \\ W_{N1}Z_1(t-k) + W_{N2}Z_2(t-k) + \cdots + 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ \vdots \\ e_N(t) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

dengan $V_{i(t)} = \sum_{j=1}^N W_{i,j}Z_j(t)$, maka:

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} Z_{1(t)} \\ Z_{2(t)} \\ \vdots \\ Z_{N(t)} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \phi_{k0}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \phi_{k0}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \phi_{k0}^N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1(t-k)} \\ Z_{2(t-k)} \\ \vdots \\ Z_{N(t-k)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{kl}^1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \phi_{kl}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \phi_{kl}^N \end{bmatrix} \\
&\quad \begin{bmatrix} V_{1(t)} \\ V_{2(t)} \\ \vdots \\ V_{N(t)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1(t)} \\ e_{2(t)} \\ \vdots \\ e_{N(t)} \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} Z_{1(t)} \\ Z_{2(t)} \\ \vdots \\ Z_{N(t)} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \phi_{k0}^1 Z_{1(t-k)} + 0 + \cdots + 0 \\ 0 + \phi_{k0}^2 Z_{2(t-k)} + \cdots + 0 \\ \vdots \\ 0 + 0 + \cdots + \phi_{k0}^N Z_{N(t-k)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{kl}^1 V_{1(t)} + 0 + \cdots + 0 \\ 0 + \phi_{kl}^2 V_{2(t)} + \cdots + 0 \\ \vdots \\ 0 + 0 + \cdots + \phi_{kl}^N V_{N(t)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1(t)} \\ e_{2(t)} \\ \vdots \\ e_{N(t)} \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} Z_{1(t)} \\ Z_{2(t)} \\ \vdots \\ Z_{N(t)} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} Z_{1(t-k)} & 0 & \cdots & 0 & V_{1(t)} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & Z_{2(t-k)} & \cdots & 0 & 0 & V_{2(t)} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & Z_{N(t-k)} & 0 & 0 & \cdots & V_{N(t)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_{k0}^1 \\ \phi_{k0}^2 \\ \vdots \\ \phi_{k0}^N \\ \phi_{kl}^1 \\ \phi_{kl}^2 \\ \vdots \\ \phi_{kl}^N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1(t)} \\ e_{2(t)} \\ \vdots \\ e_{N(t)} \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{2.14}$$

Dalam model linear, persamaan (2.14) dapat ditulis dalam bentuk $Y_i = X_i\beta_i + \varepsilon_i$, sehingga parameter model dapat diestimasi menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS): $\hat{\beta} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y}$.

2.8 Uji Kesesuaian Model

Pemeriksaan kesesuaian model dilakukan dengan melihat residual *white noise*. Karena, model dikatakan baik apabila residualnya memenuhi asumsi *white noise*. Tujuan dari asumsi *white noise* adalah untuk melihat residual yang tidak berkorelasi satu sama lain. Pemeriksaan *white noise* pada penelitian ini menggunakan uji Ljung-Box.

Menurut Hanke & Wichern (2005), langkah-langkah yang digunakan dalam uji Ljung-Box adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis:

H_0 : tidak ada korelasi dari residual (residual memenuhi asumsi *white noise*)

H_1 : ada korelasi dari residual (residual tidak memenuhi asumsi *white noise*)

2. Taraf signifikansi: $\alpha = 0.05$

3. Statistik uji:

$$Q = n(n + 2) \sum_{k=1}^K \frac{\rho_k^2}{n-k} \quad (2.15)$$

dengan:

Q = statistik uji Ljung-Box,

n = banyaknya pengamatan,

K = lag maksimum,

ρ_k = koefisien korelasi residual pada lag ke- k .

4. Daerah kritis:

Tolak H_0 jika $|Q| \geq \chi_{\alpha; (K-p)}^2$ atau $p\text{-value} < \alpha$

5. Keputusan

6. Kesimpulan

2.9 Ukuran Akurasi Peramalan

Ukuran akurasi peramalan merupakan ukuran kesalahan peramalan dalam tingkat perbedaan antara hasil peramalan dan data aktual. Hasil peramalan tidak akan sama dengan data aktual, sehingga diperlukan suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari hasil peramalan tersebut. Ukuran akurasi peramalan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Root Mean Square Error (RMSE) mengukur perbedaan antara hasil peramalan dari model dengan data aktual. Nilai RMSE berkisar antara 0 dan ∞ . Semakin kecil nilai RMSE maka semakin baik model yang digunakan (Wei, 2006).

Rumus RMSE adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \hat{X}_t)^2} \quad (2.16)$$

dengan:

n = banyaknya data yang diamati,

X_t = data aktual ke- t ,

\hat{X}_t = nilai peramalan ke- t .

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) memberikan petunjuk seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan data aktualnya (Prisandy & Suhartono, 2017). Rumus MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right| \times 100\% \right) \quad (2.17)$$

dengan:

n = banyaknya data yang diamati,

X_t = data aktual ke- t ,

\hat{X}_t = nilai peramalan ke- t .

Kategori peramalan dapat dilihat dari nilai MAPE, yakni sebagai berikut:

Tabel 1. Kategori Peramalan Berdasarkan Nilai MAPE
(Sumber: Purwanti & Purwadi, 2019)

MAPE	Kategori Peramalan
< 10%	Sangat baik
10% s.d 20%	Baik
> 20% s.d 50%	Cukup
> 50%	Buruk

2.10 Peramalan

Peramalan adalah perkiraan atau penggambaran dari nilai atau kondisi di masa depan. Asumsi yang umum digunakan dalam peramalan adalah pola masa lampau akan berlanjut ke yang akan datang. Peramalan merupakan unsur penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Perspektif ramalan bisa beragam seperti pandangan tentang metode ilmiah yang digunakan untuk membuat keputusan (Makridakis, dkk., 1983).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun akademik 2022/2023 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data rata-rata kelembaban udara bulanan yang dinyatakan dalam persen (%) pada 3 stasiun pengamatan di provinsi Banten, yakni stasiun klimatologi Tangerang Selatan, stasiun meteorologi Serang dan stasiun geofisika Tangerang dengan periode waktu dari bulan Januari 2016 hingga bulan April 2022 yang diperoleh dari *website* Badan Pusat Statistik (BPS) provinsi Banten yang dapat diakses pada link berikut.

<https://banten.bps.go.id/indicator/151/375/1/rata-rata-kelembaban-udara-menurut-bulan-dan-stasiun-pengamatan-di-provinsi-banten.html>.

Berikut adalah variabel yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Z_1 = kelembaban udara di stasiun klimatologi Tangerang Selatan.
2. Z_2 = kelembaban udara di stasiun meteorologi Serang.
3. Z_3 = kelembaban udara di stasiun geofisika Tangerang.

3.3 Metode Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan data kelembaban udara untuk ketiga lokasi.
Deskripsi data dilakukan untuk mengetahui gambaran dari karakteristik data sebelum dilakukan analisis lebih lanjut.
2. Melakukan uji keheterogenan data kelembaban udara untuk ketiga lokasi dengan indeks Gini.
Indeks Gini dihitung untuk mengetahui keheterogenan lokasi. Apabila ketiga lokasi heterogen, maka metode GSTAR dapat diterapkan.
3. Melakukan uji kestasioneran data kelembaban udara untuk ketiga lokasi dengan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF).
4. Menentukan orde waktu dari model GSTAR yang sesuai berdasarkan hasil identifikasi pada model VAR dengan melihat nilai AIC terkecil.
5. Menghitung bobot lokasi yakni bobot invers jarak dan bobot normalisasi korelasi silang.
Bobot lokasi dihitung untuk mengetahui keterkaitan antar lokasi dalam satu *lag* spasial.
6. Mencari estimasi parameter menggunakan Metode *Ordinary Least Square* (OLS).
Estimasi parameter dicari untuk memperkirakan nilai koefisien parameter pada model.
7. Melakukan uji kesesuaian model dengan uji asumsi residual *white noise*.
Model dikatakan baik apabila residualnya memenuhi asumsi *white noise*.
8. Menentukan model GSTAR terbaik berdasarkan nilai RMSE dan MAPE terkecil.
Semakin kecil nilai RMSE dan MAPE, maka semakin baik model dan hasil peramalannya.
9. Melakukan peramalan dengan model terbaik yang telah diperoleh.
10. Membuat kesimpulan dari hasil penelitian.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan perbandingan model GSTAR dengan menggunakan bobot invers jarak dan bobot normalisasi korelasi silang, diperoleh hasil bahwa model GSTAR(1;1) dengan bobot normalisasi korelasi silang sebagai model terbaik. Hal ini dikarenakan model tersebut memenuhi asumsi *white noise* dan memiliki nilai RMSE dan MAPE sebesar 3.27 dan 3.18% yang lebih kecil daripada model GSTAR(1;1) dengan bobot invers jarak.
2. Dengan menggunakan model terbaik, yakni GSTAR(1;1) dengan pembobot normalisasi korelasi silang didapat nilai peramalan untuk stasiun klimatologi Tangerang Selatan pada bulan Mei 2022 sebesar 72.83%, Juni 2022 sebesar 70.69%, Juli 2022 sebesar 69.07%, Agustus 2022 sebesar 67.84%, September 2022 sebesar 66.90%, Oktober 2022 sebesar 66.16%, November 2022 sebesar 65.58% dan Desember 2022 sebesar 65.12%. Untuk stasiun meteorologi Serang pada bulan Mei 2022 sebesar 78.94%, Juni 2022 sebesar 79.40%, Juli 2022 sebesar 79.68%, Agustus 2022 sebesar 79.84%, September 2022 sebesar 79.90%, Oktober 2022 sebesar 79.90%, November 2022 sebesar 79.84% dan Desember 2022 sebesar 79.75%. Dan untuk stasiun geofisika Tangerang pada bulan Mei 2022 sebesar 73.30%, Juni 2022 sebesar 73.25%, Juli 2022 sebesar 73.18%, Agustus 2022 sebesar 73.10%, September 2022 sebesar 73.00%, Oktober 2022 sebesar 72.89%, November 2022 sebesar 72.77% dan Desember 2022 sebesar 72.65%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A.S., Matoha, S., Lubis, D.A., Falah, A.N., Jaya, I.G.N.M., Hermawan, E., & Ruchjana, B.N. 2018. Implementation of Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR)-Kriging Model for Predicting Rainfall Data at Unobserved Locations in West Java. *Applied Mathematics & Information Sciences*. **12**(3): 607-615.
- Adella, I., Ispriyanti, D., & Yasin, H. 2022. Pemodelan Jumlah Wisatawan di Jawa Tengah Menggunakan Metode Generalized Space Time Autoregressive – Seemingly Unrelated Regression (GSTAR – SUR). *Jurnal Gaussian*. **11**(2): 258-265.
- Aryani, F.N., Handajani, S.S., & Zukhronah, E. 2020. Penerapan Model Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) pada Data Nilai Tukar Petani 3 Provinsi di Pulau Sumatera, hlm. 209-220. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika, Universitas Pekalongan.
- Aufa, S., Santoso, R., & Suparti. 2022. Pemodelan Indeks Harga Properti Residensial di Indonesia Menggunakan Metode Generalized Space Time Autoregressive. *Jurnal Gaussian*. **11**(1): 31-44.
- Borovkova, S., Lopuhaä, H.P., & Ruchjana, B.N. 2002. Generalized STAR Model with Experimental Weights, hlm. 139-147. Proceedings of the 17th International Workshop on Statistical Modelling, Chania.
- 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): 482-508.
- Cryer, J.D. & Chan, K.S. 2008. *Time Series Analysis with Applications in R*. 2nd Edition. Springer, New York.
- Hanke, J.E. & Wichern, D.W. 2005. *Business Forecasting*. 8th Edition. Prentice Hall, Texas.

- Islamiyah, A.N., Rahayu, W., & Wiraningsih, E.D. 2018. Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) dan Penerapannya pada Penderita TB Paru (BTA+) di DKI Jakarta. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*. **2**(2): 36-48.
- Irawati, L., Tarno., & Yasin, H. 2015. Peramalan Indeks Harga Konsumen 4 Kota di Jawa Tengah Menggunakan Model Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR). *Jurnal Gaussian*. **4**(3): 553-562.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E. 1983. *Forecasting: Methods and Applications*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Mario, M.I.T., Kartiko., & Bekti, R.D. 2021. Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) untuk Peramalan Tingkat Inflasi di Pulau Jawa. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*. **6**(2): 171-184.
- Muzdhalifah, A.P., Tarno., & Kartikasari, P. 2022. Penerapan Model Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) untuk Meramalkan Penerbangan Domestik pada Tiga Bandar Udara di Pulau Jawa. *Jurnal Gaussian*. **11**(3): 332-343.
- Ningsih, S.S. 2019. Generalized Space-Time Autoregressive (GS-TAR) Studi Kasus Peramalan Harga Saham Syari'ah Empat Perusahaan di JII. *Journal Focus Action of Research Mathematic*. **2**(1): 39-50.
- Nurhidayah., Presda, I., Hasmita, N., & Asrirawan. 2023. Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) pada Kasus Stunting di Sulawesi Barat. *Jurnal Matematika, Sains dan Pembelajarannya*. **9**(1): 36-46.
- Pfeifer, P.E. & Deutsch, S.J. 1980. A Three-Stage Iterative Procedure for Space-Time Modeling. *Technometrics*. **22**(1): 35-47.
- Prisandy, D.E. & Suhartono. 2017. Penerapan Metode GSTAR (P₁) untuk Meramalkan Data Penjualan Rokok di Tiga Lokasi. *Widya Teknik*. **7**(2): 199-210.
- Purwanti, D. & Purwadi, J. 2019. Metode Brown's Double Exponential Smoothing dalam Peramalan Laju Inflasi di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Matematika*. **6**(2): 54-61.

- Rahmalia, D. & Herlambang, T. 2017. Prediksi Cuaca Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization-Neural Network (PSO-NN), hlm. 41-48. Seminar Nasional Matematika dan Aplikasinya, Universitas Airlangga.
- Rahmalia, D. & Rohmatullah, A. 2019. Pengaruh Korelasi Data pada Peramalan Kelembaban Udara Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). *Applied Technology and Computing Science Journal*. **2**(1): 10-24.
- Risnandar, A. & Achmad, A.I. 2023. Pemodelan *Generalized Space Time Autoregressive* untuk Meramalkan Indeks Harga Konsumen. *Jurnal Riset Statistika*. **3**(1): 43-50.
- Siagian, H.A., Djuraidah, A., & Sumertajaya, I.M. 2017. GSTAR and GSTAR-X Models to Forecast Inflation in Four Cities in North Sumatera. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. **8**(12): 1783-1787.
- Suhartono & Subanar. 2006. The Optimal Determination of Space Weight in GSTAR Model by Using Cross-Correlation Inference. *Journal of Quantitative Methods*. **2**(2): 45-53.
- Suhartono., Nahdliyah, N., Akbar, M.S., Salehah, N.A., & Choiruddin, A. 2019. A MGSTAR: An Extension of The Generalized Space-Time Autoregressive Model. *Journal of Physics: Conference Series*. **1752**(1): 1-9.
- Toharudin, T., Caraka, R.E., Yasin, H., & Pardamean, B. 2022. Evolving Hybrid Generalized Space-Time Autoregressive Forecasting with Cascade Neural Network Particle Swarm Optimization. *Atmosphere*. **13**(6): 1-15.
- Tsay, R.S. 2005. *Analysis of Financial Time Series*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. 2nd Edition. Addison-Wesley Publishing Company, USA.
- Wutsqa, D.U., Suhartono., & Sutijo, B. 2010. Generalized Space-Time Autoregressive Modeling, hlm. 752-761. Proceedings of the 6th IMT-GT Conference on Mathematics, Statistics and its Applications (ICMSA), Universiti Tunku Abdul Rahman.

Wutsqa, D.U., Suhartono., & Sutijo, B. 2012. Aplikasi Model Generalized Space Time Autoregressive pada Data Pencemaran Udara di Kota Surabaya. *Pythagoras*. **7**(2): 17-30.