

**PEMODELAN DATA NILAI TUKAR PETANI (NTP) MENGGUNAKAN  
METODE *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE-  
SEEMINGLY UNRELATED REGRESSION* (GSTAR-SUR)**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**NIKEN PUTRI DIMAR**



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

## ABSTRACT

### MODELING FARMER EXCHANGE RATE (NTP) DATA USING GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE-SEEMINGLY UNRELATED-REGRESSION (GSTAR-SUR)

By

NIKEN PUTRI DIMAR

The agricultural sector is the economic sector for most of Indonesia's population. The indicator is used to see the welfare of farmers is the Farmer Exchange Rate (NTP). NTP movements have links between previous times and locations. Different characteristics among locations or heterogeneous are indicated by differences in NTP values between one location and another. The space-time model with correlated residuals between the equations is called Generalized Space Time Autoregressive – Seemingly Unrelated Regression (GSTAR-SUR). This study aims to perform GSTAR-SUR modeling using the GLS method in forecasting Farmer Terms of Trade (NTP) in three provinces Lampung, Riau, and Bengkulu. The Generalized Space Time Autoregressive-Seemingly Unrelated Regression (GSTAR-SUR) model is the best forecasting method for time series data and locations that have different characteristics (heterogeneous). The NTP data for the Provinces of Lampung, Riau, and Bengkulu is one of the time series data and locations that have different characteristics (heterogeneous). This data also have correlated residuals so that it can be used the GSTAR-SUR model. The best model is determined by looking at the smallest AIC value. The results of this study indicate that the GSTAR (2.1) is the best model. The MAPE value from the forecast for March 2023 and April 2023 for each location, Lampung Province at 14.24%, Riau Province at 14.72%, and Bengkulu Province at 0.99%.

**Key Words** : NTP, *Space-Time model*, GSTAR, SUR, GSTAR-SUR, OLS, GLS

## ABSTRAK

### PEMODELAN DATA NILAI TUKAR PETANI (NTP) MENGGUNAKAN METODE *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE- SEEMINGLY UNRELATED REGRESSION* (GSTAR-SUR)

Oleh

**NIKEN PUTRI DIMAR**

Sektor pertanian merupakan sektor perekonomian sebagian besar penduduk Indonesia. Indikator yang digunakan dalam melihat tingkat kesejahteraan petani adalah Nilai Tukar Petani (NTP). Pergerakan NTP memiliki keterkaitan antar waktu sebelumnya dan antar lokasi. Karakteristik yang berbeda antar lokasi atau heterogen ditunjukkan dengan adanya perbedaan nilai NTP antar satu lokasi dengan lokasi lain. Model *space-time* dengan residual yang saling berkorelasi antar persamaan dinamakan *Generalized Space Time Autoregressive – Seemingly Unrelated Regression* (GSTAR-SUR). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan GSTAR-SUR dengan menggunakan metode GLS dalam melakukan peramalan terhadap Nilai Tukar Petani (NTP) pada tiga Provinsi yaitu Lampung, Riau dan Bengkulu. Model *Generalized Space Time Autoregressive-Seemingly Unrelated Regression* (GSTAR-SUR) merupakan metode peramalan yang baik digunakan untuk data runtun waktu dan lokasi yang memiliki karakteristik yang berbeda (heterogen). Data NTP Provinsi Lampung, Riau dan Bengkulu merupakan salah satu data runtun waktu dan lokasi yang memiliki karakteristik yang berbeda (heterogen). Data ini juga memiliki residual yang saling berkorelasi sehingga dapat dimodelkan dengan model GSTAR-SUR. Penentuan model terbaik dilakukan dengan melihat nilai AIC terkecil. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa GSTAR (2,1) sebagai model terbaik. Nilai MAPE dari peramalan bulan Maret 2023 dan April 2023 untuk masing-masing lokasi yaitu Provinsi Lampung sebesar 14.24%, Provinsi Riau sebesar 14.72% dan Provinsi Bengkulu sebesar 0.99%.

**Kata Kunci** : NTP, Model *Space-Time*, GSTAR, SUR, GSTAR-SUR, OLS, GLS

**PEMODELAN DATA NILAI TUKAR PETANI (NTP) MENGGUNAKAN  
METODE *GENERALIZED SPACE TIME AUTOREGRESSIVE-  
SEEMINGLY UNRELATED REGRESSION* (GSTAR-SUR)**

**Oleh**

**NIKEN PUTRI DIMAR**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai 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 DATA NILAI TUKAR  
PETANI (NTP) MENGGUNAKAN METODE  
GENERALIZED SPACE TIME  
AUTOREGRESSIVE-SEEMINGLY  
UNRELATED REGRESSION (GSTAR-SUR)**

Nama Mahasiswa

**: Niken Putri Dimar**

Nomor Pokok Mahasiswa

**: 1917031040**

Program Studi

**: Matematika**

Fakultas

**: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

**Widiarti, S.Si., M.Si.  
NIP. 19800502 200501 2 003**

**Prof. Drs. Mustofa, M.A., Ph.D.  
NIP. 19570101 198403 1 020**

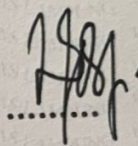
**2. Ketua Jurusan Matematika**

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

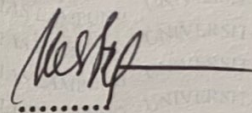
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

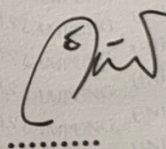
Ketua : **Widiarti, S.Si., M.Si.**



Sekretaris : **Prof. Drs. Mustofa, M.A., Ph.D.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Drs. Eri Setiawan, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Lampung



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **08 Juni 2023**

## PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **NIKEN PUTRI DIMAR**  
Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031040**  
Jurusan : **Matematika**  
Judul Skripsi : **PEMODELAN DATA NILAI TUKAR  
PETANI (NTP) MENGGUNAKAN METODE  
GENERALIZED SPACE TIME  
AUTOREGRESSIVE-SEEMINGLY  
UNRELATED REGRESSION (GSTAR-SUR)**

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 08 Juni 2023  
Penulis,



**Niken Putri Dimar**  
NPM. 1917031040

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis bernama lengkap Niken Putri Dimar dilahirkan di Tanjung Karang pada tanggal 17 Juni 2001, merupakan anak pertama dari dua bersaudari, pasangan Bapak Didi Suryani dan Ibu Marlianti. Penulis mempunyai adik perempuan yang bernama Inez Cahya Dimar.

Penulis mengawali Pendidikan taman kanak-kanak di TK Nurul Falah Bandar Lampung pada tahun 2005-2007. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Rawa Laut pada tahun 2007-2013. Selanjutnya penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2013-2016 dan melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Al-Azhar 3 Bandar Lampung pada tahun 2016-2019.

Pada tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan Strata Satu (S1) di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di beberapa organisasi yaitu Generasi Muda HIMATIKA (GEMATIKA) 2019, Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Universitas Lampung sebagai Staff Ahli Dinas Hubungan Luar pada tahun 2021.

Pada bulan Januari hingga Februari 2022 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Badan Pendapatan Daerah (BAPENDA) Provinsi Lampung sebagai bentuk pengembangan diri serta menerapkan ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan. Selanjutnya pada bulan Juni hingga Agustus 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode II di Kelurahan Sumberrejo Sejahtera, Kecamatan Kemiling, Kota Bandar Lampung sebagai bentuk



pengabdian kepada masyarakat. Selama menjadi mahasiswa penulis juga mengikuti program MBKM, yaitu Kampus Mengajar di SD Islam Al-Anshor pada bulan Agustus hingga Desember 2021.

## **PERSEMBAHAN**

Puji dan syukur saya haturkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, berkah dan ridha-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Ku persembahkan karya sederhana ini kepada :

### **Mama dan Papa**

Rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Mama dan Papa segala pengorbanan, doa, dukungan dan waktu yang selalu diberikan kepada penulis. Karya ini kupersembahkan kepada kalian yang senantiasa mendukung di setiap langkahku dalam menggapai cita-cita.

### **Dosen Pembimbing dan Pembahas**

Terima kasih telah meluangkan waktu untuk senantiasa memberikan bimbingan, arahan dan saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

### **Sahabat-Sahabatku**

Terimakasih telah memberikan dukungan, doa serta meluangkan waktu untuk sekedar memberikan canda tawa untuk menemani penulis dalam setiap proses.

**Almamater Tercinta Universitas Lampung**

## KATA INSPIRASI

*“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*  
(QS. Al-Baqarah:286)

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”*  
(QS. Al-Insyirah:5-6)

*“Maka bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah itu benar”*  
(Q.S Ar-Rum:60)

*“Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan bersama kesempitan dan kesulitan bersama kemudahan”*  
(HR. Tirmidzi)

*“Great things are not done by impulse, but by a series of small things brought together”*  
(Vincent Van Gogh)

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT., yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pemodelan Data Nilai Tukar Petani (NTP) Menggunakan Metode *Generalized Space Time Autoregressive-Seemingly Unrelated Regression (GSTAR-SUR)***”. terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, saran, serta do’a dari berbagai pihak.

Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Widiarti, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing 1 atas kesabaran dan kesediaannya untuk memberikan bimbingan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini serta selalu meluangkan waktunya untuk bimbingan.
2. Bapak Prof. Drs. Mustofa, M. A., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan saran serta arahan kepada penulis dan selalu meluangkan waktunya untuk bimbingan.
3. Bapak Drs. Eri Setiawan, M.Si., selaku Dosen Pembahas skripsi yang telah memberikan kritik, saran dan masukan yang sangat membantu penulis dalam memperbaiki skripsi ini.
4. Ibu Dra. Dorrah Aziz, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bantuannya dalam masa perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dengan baik.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si, M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Seluruh dosen, staf dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
8. Papa, Mama, Adek Inez yang selalu memotivasi, mendukung serta selalu mendoakan penulis selama perkuliahan serta penulisan skripsi ini.
9. Sahabat-sahabat BB-Lady ku, yaitu Alfira Amalia Zuliyanti, Azzahra Zulfa Riswinda, Melisa Saputri, Widya Amalia Putri Riswandha, Silvi Fitriani yang selalu menemani selama perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini.
10. Teman-teman satu bimbingan Bu Widi, yaitu Mega, Nada, Novi, Hijri, Debi yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam pengerjaan skripsi ini.
11. Sahabat-sahabat QQJ yaitu Adinda, Nisah, Odah, Adisa, Intan, Indah, Aldi, Diyas, Fikry, Edi, Kinoy, Ricky, Dhipa, Fadh yang selalu memberikan dukungan dan canda tawa selama proses perkuliahan.
12. Bagas Andriansyah yang selalu mendukung dan menemani penulis dalam menyelesaikan proses perkuliahan ini.
13. Teman-teman Matematika 2019, terima kasih atas kebersamaannya.
14. Seluruh pihak yang telah membantu dan terlibat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak.

Bandar Lampung, 08 Juni 2023  
Penulis

**Niken Putri Dimar**  
NPM. 1917031040

## DAFTAR ISI

### Halaman

<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang dan Masalah .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Data Deret Waktu .....	5
2.1.1 Deret Waktu Multivariat.....	6
2.2 Uji Stasioner .....	6
2.3 Bobot Lokasi Invers Jarak.....	7
2.4 Model <i>Generalized Space Time Autoregressive</i> (GSTAR).....	8
2.5 Model <i>Seemingly Unrelated Regression</i> (SUR).....	10
2.6 Pendugaan Parameter Model <i>Generalized Space Time Autoregressive</i> (GSTAR) .....	12
2.7 Pendugaan Parameter Model GSTAR-SUR.....	14
2.8 Uji Korelasi Residual Antar Lokasi.....	16
2.9 Validasi Model .....	17
2.10 Nilai Tukar Petani (NTP).....	18
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
3.2 Data.....	19
3.3 Metode Penelitian .....	19
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
4.1 Deskripsi Data .....	23
4.1.1 Grafik Data NTP Provinsi Lampung, Riau dan Bengkulu.....	25
4.1.2 Uji Heterogenitas Lokasi .....	27
4.1.3 Uji Korelasi Antar Variabel .....	28
4.2 Pembagian Data.....	29
4.3 Uji Stasioner .....	30

4.4	Bobot Lokasi Invers Jarak.....	31
4.5	Pemodelan GSTAR.....	33
4.6	Pendugaan Parameter Model GSTAR-OLS .....	34
4.7	Pengujian Korelasi Residual Antar Lokasi .....	37
4.8	Pendugaan Parameter Model GSTAR-SUR.....	38
4.9	Peramalan.....	41
4.10	Validasi Model .....	43
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>45</b>
5.1	Kesimpulan.....	45
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Statistika Deskriptif Data NTP Lampung, Riau dan Bengkulu dari Januari 2019 sampai Februari 2023.....	23
2. Nilai Korelasi Antar Variabel .....	28
3. Hasil Uji <i>Augmented Dickey-Fuller</i> (ADF) .....	30
4. Hasil Uji <i>Augmented Dickey-Fuller</i> (ADF) setelah <i>differencing</i> .....	31
5. Jarak Provinsi Lampung, Riau dan Bengkulu .....	32
6. Hasil Nilai AIC .....	33
7. Estimasi Parameter GSTAR-OLS(2 <sub>1</sub> ) dengan menggunakan metode OLS.....	34
8. Hasil Uji <i>Lagrange Multiplier</i> .....	37
9. Estimasi Parameter GSTAR-SUR(2 <sub>1</sub> ) dengan menggunakan metode GLS ....	38
10. Data Ramalan NTP Provinsi Lampung, Riau dan Bengkulu .....	40
11. Nilai MAPE Provinsi Lampung, Riau dan Bengkulu .....	43



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Diagram Alur Pembentukan Model GSTAR .....	21
2. Diagram Alur Pembentukan Model GSTAR-SUR.....	22
3. Plot Deret Waktu Data NTP Provinsi Lampung, Riau dan Bengkulu Januari 2019 sampai Februari 2023 .....	25
4. Grafik Data Ramalan NTP Provinsi Lampung .....	41
5. Grafik Data Ramalan NTP Provinsi Riau .....	41
6. Grafik Data Ramalan NTP Provinsi Bengkulu.....	42
7. Grafik Data Aktual dan Hasil Ramalan Nilai Tukar Petani .....	42

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Data deret waktu dapat dikumpulkan pada interval waktu harian, mingguan, bulanan, tahunan, atau lainnya dalam selang waktu yang sama (Cryer dan Chan, 2008). Data deret waktu cocok untuk peramalan masa mendatang karena nilai pengamatan dalam satu periode waktu mempengaruhi nilai pengamatan pada periode waktu berikutnya. Data deret waktu dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu deret waktu univariat dan multivariat. Deret waktu univariat terdiri dari satu atau lebih variabel bebas dan satu variabel tak bebas, sedangkan deret waktu multivariat terdiri dari satu atau lebih variabel bebas dan lebih dari satu variabel tak bebas yang saling berkorelasi (Rencher, 2002: 322). Sebagian besar data multivariat juga dipengaruhi oleh faktor lokasi yang disebut *space-time*.

Dalam deret waktu multivariat, model *space-time* adalah model yang menggabungkan faktor waktu dan faktor lokasi. Model ini pertama kali diperkenalkan oleh Pfeifer dan Deutsch (1980). Metode Space Time Autoregressive (STAR) adalah metode yang sering digunakan untuk data *space-time*. Model STAR mempunyai asumsi bahwa setiap lokasi memiliki parameter autoregresif yang sama sehingga sesuai untuk lokasi yang homogen atau mempunyai karakteristik serupa. Ketika berhadapan dengan lokasi yang memiliki berbagai karakteristik, STAR memiliki kecenderungan tidak fleksibel (Pfeifer dan Deutsch, 1980). Kelemahan model STAR tersebut diperbaiki oleh Borovkova dkk. (2002) yaitu model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR) lebih

fleksibel daripada model STAR dikarenakan asumsi parameter autoregresif-nya berbeda setiap lokasi sehingga cocok digunakan pada lokasi yang mempunyai karakteristik heterogen.

Model GSTAR merupakan model *space-time* yang mempunyai keterkaitan antar lokasi dengan parameter *autoregressive* yang tidak sama untuk waktu dan lokasi. Model GSTAR lebih fleksibel dibandingkan model STAR karena parameter model yang berbeda pada setiap lokasi. Model GSTAR sering menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS) dalam mengestimasi parameter. Namun untuk data yang memiliki residual yang saling berkorelasi akan menghasilkan estimasi parameter yang kurang efisien. Model GSTAR dengan residual berkorelasi lebih efisien menggunakan metode *Generalized Least Square* (GLS) untuk melakukan estimasi parameter.

Model *space-time* dengan residual yang saling berkorelasi antar persamaan dinamakan *Generalized Space Time Autoregressive – Seemingly Unrelated Regression* (GSTAR-SUR). GSTAR-SUR menggunakan metode GLS untuk mencari estimasi parameter model. Menurut Greene (2003), Metode *Maximum Likelihood*, *Generalized Least Square* (GLS), dan *Feasible Generalized Least Square* (FGLS) dapat digunakan untuk mengestimasi model *Seemingly Unrelated Regression* (SUR). Metode GLS merupakan metode yang paling sederhana dari ketiganya dan sering digunakan dalam estimasi parameter model SUR serta menghasilkan estimator yang memiliki karakteristik *Best Linear Unbiased Estimator* (BLUE) (Gujarati, 2004).

Teori model GSTAR-SUR terbatas dikarenakan masih terpisah antara teori model GSTAR (Borovkova dkk., 2002) dan model SUR (Zellner, 1962). Penerapan model GSTAR dengan tiga bobot lokasi dalam memprediksi data Indeks Harga Konsumen (IHK) di empat lokasi di Jawa Tengah dilakukan oleh (Irawati dkk., 2015). Penelitian lainnya mengenai model GSTAR-SUR yaitu dilakukan oleh

Iriany dkk. (2013), menerapkan model GSTAR-SUR pada data curah hujan di Kota Batu, Malang. Model yang diperoleh adalah GSTAR(1,1)-SUR. Sementara mengenai penerapan model terhadap data Nilai Tukar Petani terdapat penelitian yang dilakukan oleh Aryani dkk. (2020) yaitu menerapkan model GSTAR terhadap data Nilai Tukar Petani 3 Provinsi di Pulau Sumatera.

Menurut BPS (2013), Sensus Pertanian 2013 mengungkapkan bahwa ada 26.126,2 ribu rumah tangga pertanian, atau sebesar 42,7% dari seluruh rumah tangga di negara ini.. Hal ini menunjukkan bahwa sektor pertanian sangatlah penting dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Menurut BPS (2022), NTP Provinsi Riau pada bulan Oktober 2022 sebesar 143,86% atau naik 3,29% dibanding September 2022. Hal ini sebanding dengan Provinsi Bengkulu yang merupakan salah satu dari sembilan provinsi di Pulau Sumatera yang mengalami kenaikan NTP yaitu sebesar 3,92% (BPS, 2022). Provinsi Lampung merupakan salah satu provinsi yang tidak konstan dalam penurunan dan kenaikan persentase NTP pada tiap bulannya.

Data NTP memiliki keterkaitan antar lokasi dan antar waktu sebelumnya. Karakteristik yang berbeda antar lokasi atau heterogen ditunjukkan dengan adanya perbedaan nilai NTP antar satu lokasi dengan lokasi lainnya. Model GSTAR-SUR merupakan metode peramalan yang digunakan untuk data runtut waktu dan lokasi yang memiliki karakteristik yang berbeda (heterogen).

Berdasarkan uraian diatas, dalam penelitian ini penulis akan melakukan pemodelan GSTAR-SUR dengan menggunakan metode GLS dalam melakukan peramalan terhadap Nilai Tukar Petani (NTP) pada tiga Provinsi yaitu Lampung, Riau dan Bengkulu.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan pemodelan *Generalized Space Time Autoregressive – Seemingly Unrelated Regression* (GSTAR-SUR) dengan menggunakan metode *Generalized Least Square* (GLS) dalam melakukan peramalan terhadap data Nilai Tukar Petani (NTP) di Provinsi Lampung, Riau, dan Bengkulu yang memiliki keterkaitan antar data di waktu sebelumnya dan antar lokasi.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memperluas pengetahuan mengenai model *Generalized Space Time Autoregressive – Seemingly Unrelated Regression* (GSTAR-SUR) serta penggunaan metode *Generalized Least Square* (GLS) dalam mengestimasi parameter model GSTAR-SUR pada data Nilai Tukar Petani (NTP) di tiga Provinsi di Indonesia yaitu Lampung, Riau dan Bengkulu.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Data Deret Waktu**

Pengamatan satu atau lebih variabel yang diambil berturut-turut selama periode waktu yang tetap disebut sebagai deret waktu (Wei, 2006). Data deret waktu adalah sekumpulan data pengamatan yang disusun berdasarkan urutan waktu dalam selang waktu yang sama (Cryer, 1986). Data deret waktu biasa digunakan pada peramalan data di masa yang akan datang, dengan memanfaatkan data yang telah diperoleh pada waktu sebelumnya mempermudah untuk menemukan pola yang ada pada data.

Beberapa orang melakukan analisis deret time dengan tujuan utama mempelajari struktur dari data yang ditampilkan sesuai waktu dengan cara membuat model matematika, dan tujuan lainnya yaitu melakukan peramalan untuk data yang akan diperoleh di periode mendatang. (Alt dkk., 1998). Selain berhubungan dengan waktu, data deret waktu kemungkinan mempunyai hubungan terkait hal lain seperti wilayah atau lainnya. Model deret waktu diklasifikasikan menjadi dua kategori berdasarkan variabel yang diamati yaitu deret waktu multivariat dan deret waktu univariat.

### 2.1.1 Deret Waktu Multivariat

Deret waktu multivariat merupakan deret waktu pengamatan beberapa variabel (Wutsqa dan Suhartono, 2010). Deret waktu multivariat merupakan salah satu model data deret waktu yang melibatkan banyak variabel. Proses dalam deret waktu multivariat sama dengan proses dalam deret waktu univariat yaitu dengan memperhatikan stasioneritas data. Identifikasi model deret waktu multivariat secara teoritis sangat mirip dengan identifikasi model pada deret waktu univariat. Struktur atau pola *Matrix Cross Correlation Function* (MCCF) dan *Matrix Partial Cross Correlation Function* (MPCF) digunakan untuk mengidentifikasi model multivariat (Wei, 2006).

## 2.2 Uji Stasioner

Deret waktu dianggap stasioner jika tidak ada kecenderungan untuk naik atau turun dalam data selama periode waktu yang cukup lama, atau jika fluktuasi data berpusat pada nilai rata-rata tetap, tidak tergantung pada waktu dan varians dari fluktuasi ini tetap konstan dari waktu ke waktu. (Makridakis dkk., 1999). Data deret waktu dianggap stasioner jika tidak terjadi penurunan atau kenaikan secara tajam pada data. Deret waktu stasioner adalah deret waktu yang memiliki ciri-ciri yaitu rata-rata dan varians konstan sepanjang waktu. (Hanke dkk., 2003). Pada model GSTAR data yang digunakan harus stasioner, jika data tidak stasioner dapat dilakukan *differencing* (Wei, 2006). Proses *differencing* dilakukan sampai diperoleh data yang stasioner.

Stasioner dibagi menjadi dua yaitu, stasioner dalam rata-rata dan stasioner dalam variansi (Wei, 2006). Identifikasi kestasioneran data dapat dilakukan menggunakan analisis grafik yang kemudian diperkuat kembali dengan dilakukan

pengujian. Uji stasioner data deret waktu multivariat menggunakan grafik *Multivariate Autocorrelation Function* (MACF) dan *Multivariate Partial Correlation Function* (MPACF).

Stasioner dalam rata-rata pada data deret waktu multivariat dapat dihitung menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Uji ini bertujuan untuk melihat apakah data stasioner atau tidak. Hipotesis uji ADF dinyatakan sebagai berikut :

$H_0$  : Data tidak stasioner

$H_1$  : Data stasioner

Menurut Wei (2006), statistik uji ADF dapat dinyatakan sebagai ,

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

Dengan  $Y_t$  adalah nilai variabel pada waktu ke- $t$ ,  $Y_{t-1}$  adalah nilai variabel pada waktu ke- $t-1$  dan  $T$  adalah banyak observasi (sampel).

### 2.3 Bobot Lokasi Invers Jarak

Berbagai cara dalam menentukan pembobot lokasi pada model GSTAR, salah satunya ialah bobot lokasi invers jarak. Pembobot invers jarak mengacu pada jarak antar lokasi (Cliff dan Ord, 1981). Lokasi yang memiliki jarak terpendek satu sama lain mempunyai nilai bobot yang besar. Hal ini diperoleh dengan cara menginverskan jaraknya. Jarak yang digunakan pada pembobot ini melihat koordinat lintang dan bujur.



Menurut Fortheringham dkk. (2000), jika diberikan dua lokasi dengan koordinat  $(x_i, y_i)$  dan  $(x_j, y_j)$ , maka rumus jarak *Euclidean* antar lokasi tersebut adalah :

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (2.2)$$

Menurut Cliff dan Ord (1981), invers dari jarak *euclidean* adalah  $c(1 + d_{i,j})^{-a}$ , dimana  $d_{ij}$  adalah jarak antar lokasi ke- $i$  dan lokasi ke- $j$  dan  $c$ ,  $a$  sembarang konstanta positif. Penentuan bobot invers jarak menggunakan normalisasi nilai-nilai invers dari jarak *euclidean* antar lokasi, sehingga diperoleh rumus bobot invers jarak sebagai berikut :

$$w_{ij} = \frac{c(1+d_{i,j})^{-a}}{\sum_{j \neq i} c(1+d_{i,j})^{-a}} \quad (2.3)$$

dimana  $i \neq j$  dan memenuhi  $\sum_{i \neq j} w_{ij} = 1$ . Sehingga, matriks bobot lokasi invers jarak dinyatakan sebagai,

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1j} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2j} \\ \cdots & \cdots & \ddots & \vdots \\ w_{i1} & w_{i2} & \cdots & w_{3j} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

#### 2.4 Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR)

Model GSTAR merupakan generalisasi yang lebih fleksibel dari model STAR yang tidak memerlukan nilai parameter yang sama untuk setiap lokasi. (Wutsqa dan Suhartono, 2010). Model GSTAR merupakan generalisasi model STAR yang merupakan spesifikasi dari model *Vector Autoregressive* (VAR). Model GSTAR

memiliki asumsi bahwa lokasi harus heterogen, sedangkan perbedaan antar lokasi dapat ditunjukkan dengan adanya pembobot lokasi.

Mengidentifikasi model GSTAR merupakan tahap awal dalam menentukan orde *autoregressive* dan orde spasial yang sesuai. Model GSTAR  $(\rho, \lambda_k)$  merupakan bentuk khusus dari model VAR  $(\rho)$  yang memiliki nilai pembobot untuk setiap lokasi.

Menurut Wei (2006), Model VAR  $(\rho)$  dinyatakan sebagai,

$$\mathbf{Z}(t) = \phi_1 \mathbf{Z}(t-1) + \dots + \phi_p \mathbf{Z}(t-p) + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

Bentuk VAR  $(\rho)$  dari model GSTAR  $(\rho, \lambda_k)$  yaitu

$$\mathbf{Z}(t) = \left( \phi_{k0}^{(i)} \phi_{kl}^{(i)} W^{(l)} \right) \mathbf{Z}(t-p) + \varepsilon_t \quad (2.6)$$

Dengan  $\phi = \phi_{k0}^{(i)} \phi_{kl}^{(i)} W^{(l)}$ , orde *autoregressive*  $(p)$  pada model GSTAR  $(\rho, \lambda_k)$  dapat diperoleh orde dari model VAR  $(\rho)$  yang memiliki nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) terkecil.

Menurut Wei (2006), AIC dapat dinyatakan sebagai,

$$AIC = \varepsilon \frac{2\alpha}{N} \frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2}{N} \quad (2.7)$$

Dengan  $\alpha$  adalah jumlah parameter dalam model,  $N$  adalah jumlah pengamatan dan  $\varepsilon_i$  adalah galat ke- $i$ . Orde spasial yang digunakan adalah orde 1 karena jika lebih dari 1 sulit untuk diinterpretasikan dalam model. Dalam bentuk model VAR  $(\rho)$  asumsi data yang harus dipenuhi adalah stasioner.

## 2.5 Model *Seemingly Unrelated Regression* (SUR)

Model regresi linier multivariat yang disebut model SUR pertama kali diperkenalkan oleh Zellner pada tahun 1962. Model ini terdiri dari persamaan yang residualnya tidak hanya berkorelasi antara persamaan tetapi juga antar variabel di dalam persamaan. Model SUR termasuk dalam regresi linier berganda dan model regresi linier multivariat. (Zellner, 1962).

Model SUR adalah model regresi yang tersusun dari beberapa persamaan regresi yang berkorelasi. Model ini digunakan ketika ada korelasi antar persamaan regresi. GLS dapat digunakan untuk memperbaiki estimasi parameter model menggunakan informasi residual yang terkait antar persamaan. GLS merupakan metode estimasi parameter regresi yang berfokus pada korelasi residual antara persamaan, dengan residual yang dihasilkan melalui estimasi OLS dan kemudian digunakan dalam perhitungan untuk memperkirakan koefisien regresi dalam model SUR. Menurut Zellner (1962), bentuk persamaan regresi linear dari model SUR sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Y_{1t} &= \beta_{10} + \beta_{11}X_{11,t} + \cdots + \beta_{1K_1}X_{1K_1,t} + e_{1t} \\ Y_{2t} &= \beta_{20} + \beta_{21}X_{11,t} + \cdots + \beta_{2K_2}X_{2K_2,t} + e_{2t} \\ &\dots \\ Y_{Gt} &= \beta_{G0} + \beta_{G1}X_{G1,t} + \cdots + \beta_{GK_G}X_{GK_G,t} + e_{Gt} \end{aligned}$$

Untuk  $t = 1, 2, 3, \dots, n$ . Bentuk matriks dari persamaan di atas adalah sebagai berikut :

$$Y^* = X^* \beta^* + e^* \quad (2.8)$$

$$Y^* = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_G \end{bmatrix}, X^* = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & x_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & x_G \end{bmatrix}, \beta^* = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_G \end{bmatrix}, \text{ dan } e^* = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_G \end{bmatrix}$$

Keterangan :

$Y^*$  : vektor kolom nilai variabel terikat ukuran  $(n \times 1)$

$X^*$  : matriks nilai variabel bebas ukuran  $(K_1 \times 1)$

$\beta^*$  : vektor parameter model SUR ukuran  $(K_1 \times 1)$

$K_i$  : dimensi vektor

$e^*$  : vektor kolom galat ukuran  $(n \times 1)$  berdistribusi normal multivariat,

$e \sim N(0, \Omega)$ .

Model SUR memiliki asumsi :

$$1) E(\varepsilon | X_1, X_2, \dots, X_N) = 0$$

$$2) E(\varepsilon\varepsilon' | X_1, X_2, \dots, X_N) = \Omega$$

dengan  $\Omega$  adalah matriks variansi kovariansi model SUR (Greene, 2003).

Diasumsikan bahwa residual berkorelasi antar pengamatan sehingga,

$$E(\varepsilon_{i,j}\varepsilon_{j,s} | X_1, X_2, \dots, X_N) = \begin{cases} \sigma_{ij}, & t = s \\ 0, & t \neq s \end{cases} \quad (2.9)$$

dengan  $j = 1, 2, \dots, N$ ,  $t, s = 1, 2, \dots, T$ ,  $\sigma_{ij}$  adalah variansi residual persamaan ke- $i$  dan ke- $j$ . Matriks variansi-kovarians antara persamaan ke- $i$  dan ke- $j$  adalah

$$E(\varepsilon_{i,j}\varepsilon_{j,s} | X_1, X_2, \dots, X_N) = \begin{bmatrix} \sigma_{ij} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_{ij} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_{ij} \end{bmatrix} = \sigma_{ij}I$$

sehingga

$$\Omega = E(\varepsilon\varepsilon' | X_1, X_2, \dots, X_N) = \begin{bmatrix} \sigma_{11}I & \sigma_{12}I & \dots & \sigma_{1N}I \\ \sigma_{21}I & \sigma_{22}I & \dots & \sigma_{2N}I \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1}I & \sigma_{N2}I & \dots & \sigma_{NN}I \end{bmatrix}$$

## 2.6 Pendugaan Parameter Model *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR)

Model GSTAR merupakan suatu model linear dan parameter-parameter *autoregressive*-nya dapat diestimasi menggunakan metode *least square* dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat galat. Model GSTAR pada persamaan di atas dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$\begin{pmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ \vdots \\ Z_N(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \phi_{k0}^{(1)} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \phi_{k0}^{(2)} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \phi_{k0}^{(N)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_1(t-k) \\ Z_2(t-k) \\ \vdots \\ Z_N(t-k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \phi_{kl}^{(1)} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \phi_{kl}^{(2)} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \phi_{kl}^{(N)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & w_{12} & \cdots & w_{1N} \\ w_{21} & 0 & \cdots & w_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N1} & w_{N2} & \cdots & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_1(t-k) \\ Z_2(t-k) \\ \vdots \\ Z_N(t-k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1(t) \\ \varepsilon_2(t) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(t) \end{pmatrix}$$

Jika  $V_i(t) = \sum_{j=1}^N w_{ij} Z_j(t)$ , maka bentuk di atas dapat ditulis :

$$\begin{pmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ \vdots \\ Z_N(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \phi_{k0}^{(1)} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \phi_{k0}^{(2)} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \phi_{k0}^{(N)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_1(t-k) \\ Z_2(t-k) \\ \vdots \\ Z_N(t-k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \phi_{kl}^{(1)} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \phi_{kl}^{(2)} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \phi_{kl}^{(N)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1(t-k) \\ V_2(t-k) \\ \vdots \\ V_N(t-k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1(t) \\ \varepsilon_2(t) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(t) \end{pmatrix}$$

Bentuk lebih sederhana dari matriks di atas adalah :

$$\begin{pmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ \vdots \\ Z_N(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_1(t-k) & V_1(t-k) & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & Z_N(t-k) & V_N(t-k) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi_{k0}^{(1)} \\ \phi_{kl}^{(1)} \\ \vdots \\ \phi_{k0}^{(N)} \\ \phi_{kl}^{(N)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1(t) \\ \varepsilon_2(t) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(t) \end{pmatrix}$$

Persamaan di atas dapat dinyatakan dalam model regresi linear

$$\mathbf{Z} = \mathbf{Z}^* \boldsymbol{\phi} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.10)$$

Dengan  $Z = Z_i(t)$ ,  $Z^* = [Z_i(t-k)V_i(t-k)]$ ,  $\boldsymbol{\phi} = \begin{pmatrix} \phi_{k0}^{(i)} \\ \phi_{kl}^{(i)} \end{pmatrix}$  dan  $\boldsymbol{\varepsilon} = \varepsilon_i(t)$ .

Estimasi parameter menggunakan metode OLS dengan meminimumkan jumlah kuadrat galatnya sehingga diperoleh :

$$\hat{\boldsymbol{\phi}} = (\mathbf{Z}^{*T} \mathbf{Z}^*)^{-1} \mathbf{Z}^{*T} \mathbf{Z} \quad (2.11)$$

Estimasi parameter menggunakan metode GLS dengan meminimumkan jumlah kuadrat galatnya sehingga diperoleh :

$$\hat{\boldsymbol{\phi}} = (\mathbf{Z}^{*T} \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{Z}^*)^{-1} \mathbf{Z}^{*T} \boldsymbol{\Omega}^{-1} \mathbf{Z} \quad (2.12)$$

Dengan  $\boldsymbol{\Omega} = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \cdots & \sigma_{NN} \end{pmatrix} \otimes I_T$  dan  $Z^* = [Z_i(t-k)V_i(t-k)]$ .

## 2.7 Pendugaan Parameter Model GSTAR-SUR

Diketahui  $Z(t): t = 0, 1, 2, \dots, N$  adalah lokasi dan  $T$  adalah orde waktu. Model GSTAR dalam bentuk matriks yaitu sebagai berikut :

$$\mathbf{Z}(t) = (\Phi_0^k \Phi_1^k W) \mathbf{Z}(t - T) + \boldsymbol{\varepsilon}(t) \quad (2.13)$$

dengan

$\Phi_0^k$  : Parameter waktu dengan periode k

$\Phi_1^k$  : Parameter spasial dengan periode k

Matriks parameter waktu, spasial dan bobot lokasi dapat ditulis sebagai berikut :

$$\Phi_0^k = \begin{pmatrix} \phi_{10}^{(k)} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \phi_{20}^{(k)} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \vdots & \phi_{N0}^{(k)} \end{pmatrix}, \Phi_1^k = \begin{pmatrix} \phi_{11}^{(k)} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \phi_{21}^{(k)} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \vdots & \phi_{N1}^{(k)} \end{pmatrix}, W = \begin{pmatrix} 0 & w_{12} & \dots & w_{1N} \\ w_{21} & 0 & \dots & w_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N1} & w_{N2} & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

Model persamaan dari matriks di atas sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ \vdots \\ Z_N(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_1(t-k) & V_1(t-k) & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & Z_N(t-k) & V_N(t-k) \end{pmatrix}$$

Notasi matriks di atas dapat diuraikan sebagai berikut :

$$Z_i(t) = \begin{bmatrix} Z_i(1) \\ Z_i(2) \\ \vdots \\ Z_i(T) \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\varepsilon}_i(t) = \begin{pmatrix} \varepsilon_1(t) \\ \varepsilon_2(t) \\ \vdots \\ \varepsilon_N(t) \end{pmatrix}, \quad V_i(t-k) = \begin{bmatrix} \sum_{j \neq i} w_{ij} z_j(t-k) \\ \vdots \\ \sum_{j \neq i} w_{ij} z_j(t-k) \end{bmatrix}$$

dengan  $i = 1, 2, \dots, N$ .

Untuk setiap lokasi ke- $i$ , diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\mathbf{Z}_i(t) = \phi_{k0}^i \mathbf{Z}_i(t-k) + \phi_{k1}^i \mathbf{V}_i(t-k) + \varepsilon_i(t) \quad (2.14)$$

Persamaan model GSTAR-SUR di atas dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut :

$$\mathbf{Y}_{i,t} = \mathbf{X}_{i,t} \boldsymbol{\beta}_i + \varepsilon_{i,t} \quad (2.15)$$

Matriks dari persamaan model GSTAR-SUR sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} Y_{1,t} \\ Y_{2,t} \\ \vdots \\ Y_{N,t} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} X_{1,t} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & X_{2,t} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & X_{N,t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{N,t} \end{bmatrix} \\ \mathbf{Y} &= \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \end{aligned}$$

Model GSTAR-SUR mempunyai asumsi bahwa residual berkorelasi pada setiap lokasi ke- $i$ ,

$$E(\varepsilon_{i,t} \varepsilon_{j,s}) = \begin{cases} 0 & t \neq s \\ \sigma_{ij} & t = s \end{cases}$$

dengan  $i, j = 1, 2, \dots, N$  dan  $t, s = 1, 2, \dots, T$ .

Residual pada model GSTAR-SUR berkorelasi antar persamaan atau lokasi, sehingga matriks varians-kovarians yang terbentuk sebagai berikut : :

$$E(\boldsymbol{\varepsilon} \boldsymbol{\varepsilon}') = \boldsymbol{\sigma}_{ij} \mathbf{I}_T \quad (2.16)$$

karena  $E(\boldsymbol{\varepsilon} \boldsymbol{\varepsilon}') = \boldsymbol{\sigma}_{ij} \mathbf{I}_T$  maka :

$$E(\boldsymbol{\varepsilon} \boldsymbol{\varepsilon}') = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \cdots & \sigma_{NN} \end{pmatrix} \otimes \mathbf{I}_T = \boldsymbol{\Sigma} \otimes \mathbf{I}_T = \boldsymbol{\Omega}$$



Dengan  $\Omega$  matriks berukuran  $(N \times T) \times (N \times T)$ . Metode GLS digunakan untuk mengestimasi parameter model GSTAR-SUR.

Metode GLS diperoleh dengan cara meminimumkan *generalized sum of square*  $\varepsilon' \Omega^{-1} \varepsilon$ . Hasil estimasi parameter model GSTAR-SUR adalah :

$$\hat{\beta} = (X' \Omega^{-1} X)^{-1} X' \Omega^{-1} Y \quad (2.17)$$

Karena  $\Omega = \Sigma \otimes I_T$ , maka rumus estimator  $\beta$  adalah :

$$\hat{\beta} = (X' (\Sigma \otimes I_T)^{-1} X)^{-1} X' (\Sigma \otimes I_T)^{-1} Y \quad (2.18)$$

## 2.8 Uji Korelasi Residual Antar Lokasi

Uji korelasi residual antar lokasi ialah uji yang dilakukan untuk melihat ada tidaknya korelasi residual antar lokasi pada model GSTAR. Data deret waktu perlu dilakukan uji autokorelasi untuk melihat apakah model GSTAR yang dihasilkan dapat dilanjutkan menggunakan model *Seemingly Unrelated Regression* (SUR) dengan menggunakan metode *Generalized Least Square* (GLS). Uji yang digunakan ialah uji *Lagrange Multiplier*. Hipotesis yang digunakan sebagai berikut :

$H_0 : Cov(\varepsilon_{i1}, \varepsilon_{j1}) = 0$  untuk semua  $i \neq j$  (tidak ada korelasi residual antar lokasi)

$H_1 : Cov(\varepsilon_{i1}, \varepsilon_{j1}) \neq 0$  untuk semua  $i \neq j$  (terdapat korelasi residual antar lokasi)

Statistik Uji :

$$\lambda_{LM} = T \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^{i-1} r_{ij}^2 \quad (2.19)$$

dengan  $T$  adalah banyaknya pengamatan,  $r_{ij}$  adalah korelasi residual antar persamaan ke- $i$  dan ke- $j$ . Daerah kritis yaitu  $H_0$  ditolak jika  $\lambda_{LM} > \chi^2_{\left(\frac{N(N-1)}{2}, \alpha\right)}$ .

## 2.9 Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan menghitung nilai MAPE. MAPE digunakan untuk menghitung ukuran perbedaan antara nilai prediksi model dan nilai yang sebenarnya.. Menurut Heizer dan Render (2015), MAPE dinyatakan sebagai berikut :

$$MAPE = \left( \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| \right) \times 100\% \quad (2.20)$$

Dengan  $n$  adalah banyak data ramalan yang digunakan,  $Z_t$  adalah nilai aktual observasi pada waktu  $t$ , sedangkan  $\hat{Z}_t$  merupakan nilai prediksi waktu ke- $t$ . Suatu model dikatakan sangat baik jika nilai MAPE kurang dari 10%, sedangkan nilai MAPE antara 10-20% dikatakan hasil peramalan baik.

## 2.10 Nilai Tukar Petani (NTP)

Sektor pertanian adalah sektor ekonomi berbasis SDM yang sangat penting untuk pembangunan bangsa, terutama di negara-negara berkembang seperti Indonesia.. (Simatupang, 1992). Sebagai negara agraris, penduduk Indonesia terbesar berada di sektor pertanian. Menurut BPS (2013), terdapat 26.126,2 ribu rumah tangga pertanian, atau 42,7% dari semua rumah tangga di negara ini. Nilai Tukar Petani (NTP) adalah salah satu indikator yang digunakan untuk melihat tingkat kesejahteraan petani.

Nilai Tukar Petani (NTP) adalah ukuran kemampuan petani untuk menukar komoditas (produk) latar belakang pertanian dengan barang atau jasa yang diperlukan untuk konsumsi rumah tangga petani dan kebutuhan untuk menghasilkan barang-barang pertanian (Hendayana, 2001). Simatupang dan Maulana (2008), mengemukakan bahwa tidak ada alat ukur kesejahteraan rumah tangga tani praktis, sehingga NTP menjadi indikator satu-satunya bagi pengamat pembangunan pertanian dalam menilai tingkat kesejahteraan petani. Oleh sebab itu, NTP merupakan hal yang diperhatikan dalam menilai tingkat kesejahteraan petani. Semakin tinggi NTP maka semakin sejahtera tingkat kehidupan petani (Masyhuri, 2007).

Nilai Tukar Petani (NTP) merupakan rasio harga yang diterima petani (IT) dengan harga yang dibayar oleh petani (IB) atau dapat diformulasikan ke dalam rumus :

$$NTP = \frac{IT}{IB} \quad (2.21)$$

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

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

#### **3.2 Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder, yaitu data Nilai Tukar Petani (NTP) bulanan di Provinsi Lampung, Riau dan Bengkulu yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika (BPS) Indonesia <https://www.bps.go.id/indicator/22/1741/1/ntp-nilai-tukar-petani-menurut-Provinsi-2018-100-.html>. Data yang digunakan adalah data bulanan pada periode waktu Januari 2019 sampai Februari 2023.

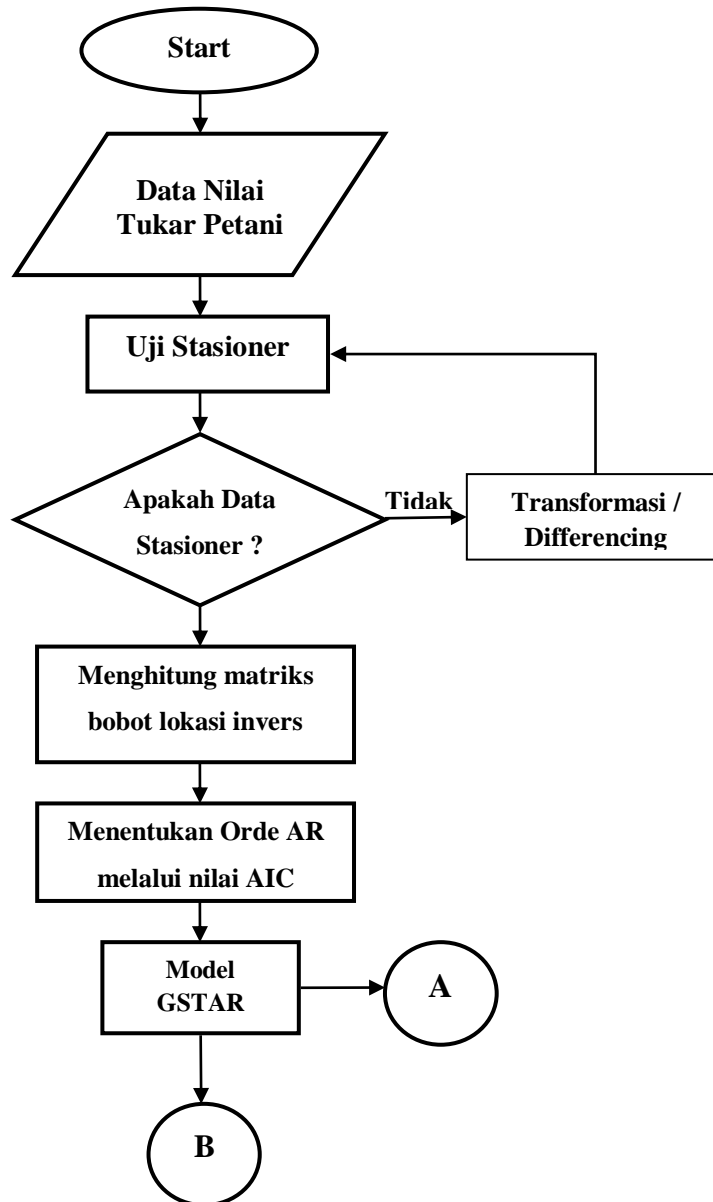
#### **3.3 Metode Penelitian**

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

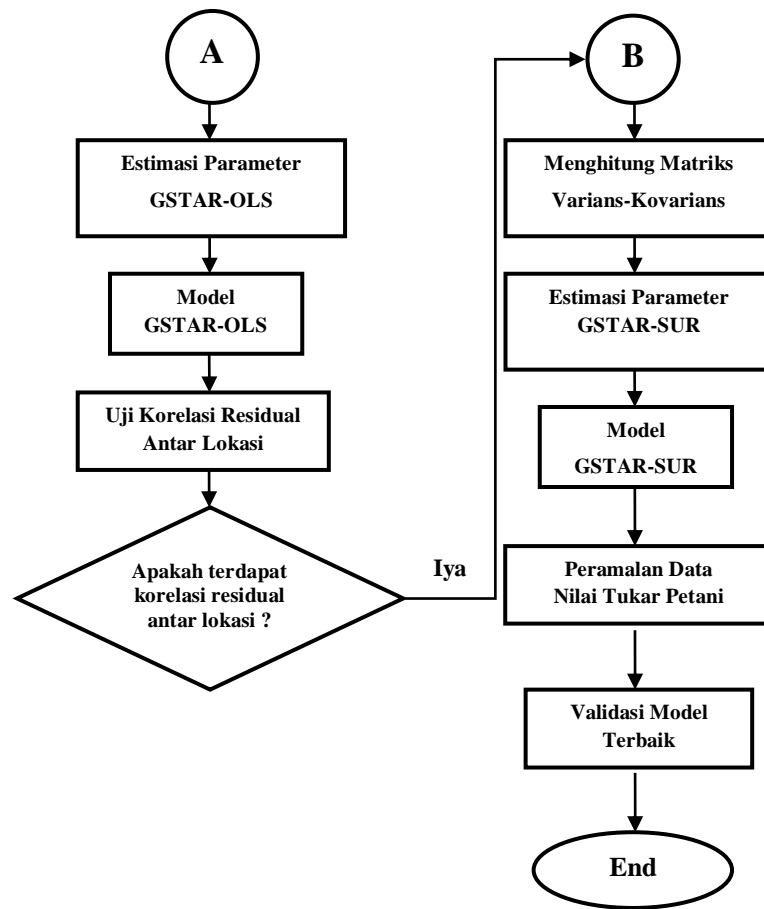
1. Deskripsi Data  
Mendeskripsikan data Nilai Tukar Petani (NTP) pada tiga Provinsi di Indonesia
2. Uji Stasioner  
Menguji stasioner data Nilai Tukar Petani (NTP) pada Provinsi Lampung, Riau dan Bengkulu. Kestasioneran data dapat dilihat menggunakan plot MACF atau MPACF serta uji ADF.
3. Bobot Lokasi Invers Jarak  
Menghitung bobot lokasi dimana pada penelitian ini penulis menggunakan bobot lokasi invers jarak.
4. Pemodelan GSTAR  
Memodelkan data dengan model GSTAR. Adapun langkah-langkah yang dilakukan antara lain :
  - a. Membentuk model GSTAR berdasarkan nilai AIC terkecil
  - b. Estimasi parameter model GSTAR dengan menggunakan metode OLS
  - c. Membentuk model GSTAR-OLS
5. Uji Asumsi Korelasi Residual  
Menguji asumsi korelasi residual dengan menggunakan uji *Lagrange Multiplier*. Model GSTAR-SUR dibentuk ketika terdapat korelasi residual antar lokasi.
6. Pemodelan GSTAR-SUR  
Memodelkan data dengan model GSTAR-SUR. Adapun langkah-langkah yang dilakukan antara lain :
  - a. Membentuk model GSTAR-SUR
  - b. Mencari matriks varians-kovarians residual
  - c. Estimasi parameter model GSTAR dengan menggunakan metode GLS
  - d. Membentuk model GSTAR-SUR
7. Peramalan  
Model GSTAR-SUR yang telah diperoleh digunakan untuk meramalkan data Nilai Tukar Petani (NTP) Provinsi Lampung, Riau dan Bengkulu.

## 8. Validasi Model

Melakukan validasi model dengan menghitung nilai MAPE pada model GSTAR-SUR yang dihasilkan.



Gambar 1. Diagram Alur Pembentukan Model GSTAR



Gambar 2. Diagram Alur Pembentukan Model GSTAR-SUR

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dibahas sebelumnya diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Model GSTAR  $(\rho, \lambda_k)$  pada data Nilai Tukar Petani (NTP) Provinsi Lampung, Riau dan Bengkulu adalah GSTAR-SUR(2<sub>1</sub>) yang dijabarkan untuk masing-masing lokasi sebagai berikut :

$$Z_1(t) = 1.187 Z_1(t - 1) - 0.083 Z_2(t - 1) - 0.123 Z_3(t - 1) - 0.009 Z_1(t - 2) + 0.010 Z_2(t - 2) + 0.015 Z_3(t - 2)$$

$$Z_2(t) = 0.021 Z_1(t - 1) + 0.797 Z_2(t - 1) + 0.025 Z_3(t - 1) - 0.216 Z_1(t - 2) - 0.665 Z_2(t - 2) - 0.262 Z_3(t - 2)$$

$$Z_3(t) = -0.214 Z_1(t - 1) - 0.174 Z_2(t - 1) + 1.146 Z_3(t - 1) - 0.264 Z_1(t - 2) - 0.215 Z_2(t - 2) + 0.160 Z_3(t - 2)$$

2. Berdasarkan model GSTAR-SUR(2<sub>1</sub>) dengan bobot invers jarak diperoleh hasil peramalan sebagai berikut:
  - a. Untuk Provinsi Lampung hasil ramalan 2 bulan mendatang berfluktuasi dengan kecenderungan turun, dimana dari bulan ke-1 sampai ke-2. Nilai Tukar Petani Provinsi Lampung mengalami penurunan yang signifikan.
  - b. Untuk Provinsi Riau hasil ramalan 2 bulan mendatang berfluktuasi dengan kecenderungan naik, dimana Nilai Tukar Petani Provinsi Riau meningkat setiap bulannya sampai bulan ke-2.



- c. Untuk Provinsi Bengkulu hasil ramalan 2 bulan mendatang berfluktuasi dengan kecenderungan turun, dimana dari bulan ke-1 sampai ke-2 Nilai Tukar Petani Provinsi Bengkulu mengalami penurunan yang signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Borovkova, S.A., Lopuhaa, H.P., dan Ruchjana, B.N. 2002. Generalized star model with experimental weights. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Workshop on Statistical Modelling*, Chania : 143-151.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Nilai Tukar Petani menurut Provinsi.
- Badan Pusat Statistik. 2022. Tabel NTP (Nilai Tukar Petani) menurut Provinsi (2018=100), 2019-2022. <https://www.bps.go.id/indicator/22/1741/1/ntp-nilai-tukar-petani-menurut-Provinsi-2018-100-.html>. Diakses pada 28 November 2022.
- Cliff, A. and Ord, J.K. 1981. *Spatial Processes: Models and Applications*. Pion. London
- Cryer, J.D. dan Chan, K.S. 2008. *Time Series Analysis With Application in R Second Edition*. University of Iowa. Departementt of Statistics & Actuarial Science, USA.
- Cryer, Jonathan D. 1986. *Time Series Analysis*. Boston : Duxbury Press.
- Greene, W.H. 2003. *Econometric Analysis Fifth Edition*. Pearson Education. New Jersey.
- Gujarati, D.N. 2004. *Basic Econometrics (4<sup>th</sup> ed)*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Hanke, John E., Wichern Dean W., & Reitsch, Arthur G. 2003. *Peramalan Bisnis Edisi Ketujuh*. Pearson Education Asia Pte.Ltd. dan PT. Prenhallindo, Jakarta.

- Heizer, Jay dan Render, Barry . 2015. “*Manajemen Operasi: Keberlangsungan dan Rantai Pasokan*”. Edisi Sebelas. Diterjemahkan oleh : Hirson Kurnia, Ratna Saraswati, David Wijaya. Jakarta : Salemba Empat.
- Hendayana, R. 2001. *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Nilai Tukar Petani*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- 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**: 553-562.
- Iriany, A., Suhariningsih, B. N. Ruchjana, dan Setiawan. 2013. Prediction of Precipitation Data at Batu Town Using the GSTAR(1,p)-SUR Model. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*.
- Makridakis, Wheelwright and McGee. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan (terjemahan)*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Masyhuri. 2007. *Revitalisasi Pertanian Untuk Mensejahterakan Petani*. Makalah pada Konpemas XV dan Kongres XIV PERHEPI, Surakarta, 3-5 Agustus 2007.
- Pfeifer, P.E. dan Deustch, S.J. 1980. A three stage iterative procedure for space-time modeling. *Technometrics*. **1**(22): 35-47.
- Rencher, A.C. 2002. *Methods of Multivariate Analysis*, Second Edition. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Simatupang P. 1992. Pertumbuhan Ekonomi dan Nilai Tukar Barter Sektor Pertanian. *Jurnal Agroekonomi*: **11**(1): 33-48.
- Simatupang, P. dan M. Maulana. 2008. Kaji Ulang Konsep dan Perkembangan Nilai Tukar Petani Tahun 2003-2006. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan. LIPI*.
- Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. Pearson Education, Kanada.

Wutsqa, D.U. dan Suhartono. 2010. Peramalan deret waktu multivariate seasonal pada data pariwisata dengan model var-gstar. *Jurnal Ilmu Dasar*. **1**(1): 101-109.

Zellner. 1962. An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression and Test for Aggregation Bias. *Journal of the Americ*