

**PEMODELAN *VECTOR AUTOREGRESSIVE* (VAR_6)
PADA DATA INDEKS HARGA KONSUMEN**

(Skripsi)

Oleh

ANES RATNA FURI



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

ABSTRAK

PEMODELAN *VECTOR AUTOREGRESSIVE* (VAR_6) PADA DATA INDEKS HARGA KONSUMEN

Oleh

ANES RATNA FURI

Model *Vector Autoregressive* (VAR) merupakan gabungan dari beberapa model *Autoregressive* (AR), yaitu suatu sistem persamaan yang memperlihatkan setiap variabel sebagai fungsi linear dari konstanta dan nilai *lag* dari variabel itu sendiri serta nilai *lag* dari variabel yang ada dalam sistem. Dengan menggunakan data Indeks Harga Konsumen (IHK) kota Sibolga, Pematang Siantar, dan Medan dari bulan Januari 2009 hingga bulan Desember 2022. Model yang didapatkan yaitu model (VAR_6). *Impulse Response Function* (IRF) menunjukkan bahwa jika terjadi *shock* sebesar satu standar deviasi di suatu variabel, maka variabel lain akan menunjukkan efek dari *shock* tersebut. Kausalitas *Granger* akan menunjukkan hubungan satu atau dua arah yang terjadi pada variabel yang diamati. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari model VAR pada data Indeks Harga Konsumen dari ketiga lokasi.

Kata kunci : VAR, *Impulse Response Function*, Kausalitas *Granger*

ABSTRACT

VECTOR AUTOREGRESSIVE (VAR₆) MODELING ON CONSUMER PRICE INDICES DATA

By

ANES RATNA FURI

The Vector Autoregressive (VAR) model is a combination of several Autoregressive (AR) models, which is a system of equations that shows each variable as a linear function of the constants and the lag values of the variables themselves and the lag values of the variables in the system. Using data of Consumer Price Index (CPI) in cities in Indonesia, which are Sibolga, Pematang Siantar, and Medan from January 2009 to December 2022. The model obtained is the model (VAR₆). Impulse Response Function (IRF) shows that if there is a shock of one standard deviation in a variable, then other variables will show the effect of the shock. Granger causality will show one or two way relationship that occurs in the observed variables. The purpose of this study is to find a VAR model on the Consumer Price Index data from the three locations.

Keywords : VAR, Impulse Response Function, Granger Causality

**PEMODELAN *VECTOR AUTOREGRESSIVE* (VAR_6)
PADA DATA INDEKS HARGA KONSUMEN**

Oleh

**ANES RATNA FURI
1617031119**

Skripsi

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

Pada

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



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

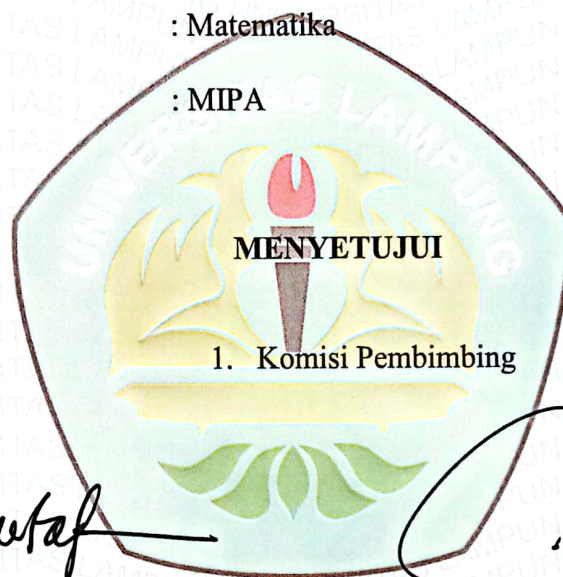
Judul Skripsi : **PEMODELAN *VECTOR AUTOREGRESSIVE* (VAR₆) PADA DATA INDEKS HARGA KONSUMEN**

Nama Mahasiswa : *Anes Ratna Furi*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1617031119

Program Studi : Matematika

Fakultas : MIPA



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

Subian Saidi, S.Si., M.Si.
NIP. 19800821 200812 1 001

2. Ketua Jurusan Matematika

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Aang Nuryaman', written over a horizontal line.

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 : Subian Saidi, S.Si., M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dian Kurniasari, S.Si., M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Mei 2023

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Anes Ratna Furi**
Nomor Pokok Mahasiswa : **1617031119**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Pemodelan *Vector Autoregressive* (VAR_6) pada
Data Indeks Harga Konsumen**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya bukan merupakan hasil yang telah dipublikasikan atau ditulis orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan penyelesaian studi pada universitas atau institute lain.

Bandar Lampung, 29 Mei 2023

Yang Menyatakan



Anes Ratna Furi
NPM. 1617031119

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Anes Ratna Furi dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 6 September 1998, sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Ali Boni Asgari dan Ibu Sari Asih serta adik dari Gibran Fajrin dan mbak dari Ahmad Nizamudin dan Marfa Alifah.

Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Waydadi pada tahun 2004-2010. Tahun 2010 melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Al – Azhar 3 Bandar Lampung lulus pada tahun 2013. Sekolah Menengah Atas di SMAN 5 Bandar Lampung lulus pada tahun 2016. Kemudian pada tahun yang sama, melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Lampung.

Selama masa perkuliahan penulis aktif menjadi Anggota Koperasi Mahasiswa (KOPMA) periode 2018 dan berkesempatan memegang amanah sebagai Anggota Biro Kesekretariatan di Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) periode 2018. Pada bulan Januari hingga Februari 2019 penulis melaksanakan Kerja Praktek di Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung. Kemudian mengikuti Kuliah Kerja Nyata di Desa Karya Basuki, Kecamatan Waway Karya, Kabupaten Lampung Timur dari bulan Juli hingga Agustus 2019. Pada tanggal 16 September sampai 14 Desember 2019 penulis melaksanakan *Internship Program* PT. Persada Lampung Raya HINO departemen *after sales*.

KATA INSPIRASI

“Dan boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu padahal ia buruk bagimu, Allah mengetahui, sedangkan kamu tidak mengetahui.”

(QS. Al-Baqarah 2 : Ayat 216)

“Lakukan apa yang bisa kamu kerjakan, dimanapun kamu berada, dengan apa pun yang kamu punya.”

(Teddy Roosevelt)

“Yesterday is history, tomorrow is a mystery but today is a gift that is why it is called present.”

PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah ku mengucap syukur kepada Allah SWT,
atas rahmat dan ridha-Nya penulis dapat
menyelesaikan karya sederhana ini dengan baik.
Ku persembahkan karya sederhana ini untuk :*

Bapak dan Ibu tercinta

*Terima kasih atas dukungan kalian yang selalu ada
untukku dan do'a yang senantiasa kalian ucapkan
didalam sela-sela do'a kalian.*

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas segala ridha, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pemodelan *Vector Autoregressive* (VAR_6) pada Data Indeks Harga Konsumen”. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan teimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Mustofa, M.A., Ph.D., selaku dosen Pembimbing Utama yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan, pengarahan, kritik dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Subian Saidi, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing Kedua yang memberikan saran, solusi serta pembelajaran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
3. Ibu Dian Kurniasari, S.Si., M.Sc., selaku Pembahas skripsi yang telah memberikan evaluasi dan saran bagi perbaikan skripsi penulis.
4. Ibu Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc., selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan selama perkuliahan.
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 FMIPA UNILA
7. Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis.
8. Bapak, Ibu, kakak, dan adikku tercinta, yang selalu memberikan kasih sayang, nasehat, dan doa untuk keberhasilan penulis.

9. Harmiwa, Hanna, Pristi, Salsa, Tiya, Novta, Erica, Reycha, Cindy, Arsyia, Wi, Widya, Anissa, Sari, Yari, Audia, Anpau, Anggi, serta teman-teman angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan, ide dan saran kepada penulis.
10. Seluruh pihak terkait lainnya yang telah banyak membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan agar skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Akhir kata, terima kasih.

Bandar Lampung, 29 Mei 2023

Penulis,

Anes Ratna Furi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Indeks Harga Konsumen (IHK).....	3
2.2 Deret Waktu (<i>Time Series</i>).....	5
2.2.1 Deret Waktu Multivariat (<i>Multivariate Time Series</i>)	6
2.3 Kestasioneran Data.....	6
2.4 Model Vector Autoregressive (VAR).....	9
2.5 Uji Kointegrasi.....	11
2.6 Uji Residual.....	12
2.6.1 Uji Portmanteau	12
2.6.2 Uji Normalitas Residual	12
2.6.3 Uji Efek ARCH.....	13
2.7 Uji Kausalitas <i>Granger</i>	13
2.8 Impulse Response Function (IRF)	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Data Penelitian.....	16
3.3 Metode Penelitian	16
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
V. KESIMPULAN	44
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kelomok Data Harga Konsumen	4
2. Statistik Deskriptif Data IHK Kota Sibolga, Pematang Siantar dan Medan..	18
3. Uji <i>Augmented Dickey Fuller</i>	21
4. Uji <i>Augmented Dickey Fuller Data Differencing</i>	24
5. Korelasi Silang.....	25
6. Representasi skematis dari korelasi silang.....	25
7. Tes Kointegrasi Menggunakan <i>Trace</i>	26
8. Tes Kointegrasi Menggunakan <i>Maximal Eigenvalue</i>	26
9. Kriteria Informasi.....	27
10. Hasil Estimasi Parameter Model.....	28
11. Uji <i>Portmanteau Residuals</i>	32
12. Uji Efek ARCH.....	33
13. Uji Normalitas <i>Residuals</i>	34
14. Kausalitas <i>Granger</i>	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Plot Deret Waktu Data IHK Sibolga, Pematang Siantar, dan Medan.....	19
2. Plot ACF Data IHK (a)Sibolga, (b)Pematang Siantar, dan (c)Medan.....	21
3. Plot Deret Waktu Data <i>Differencing</i> IHK (a)Sibolga, (b)Pematang.....	23
4. Plot ACF Data IHK (a)Sibolga, (b)Pematang Siantar, dan (c)Medan	24
5. Variabel yang Berpengaruh Signifikan Terhadap Sibolga,.....	29
6. Q-Q Plot (a)Sibolga, (b)Pematang Siantar, dan (c)Medan.	35
7. Plot Stabilitas.	35
8. Kausalitas <i>Granger</i>	37
9. <i>Response</i> (a)Sibolga, (b)Pematang Siantar dan (c)Medan terhadap	38
10. <i>Response</i> (a)Sibolga dan (b)Medan terhadap <i>impulse</i> Pematang	40
11. <i>Response</i> (a)Sibolga dan (b)Pematang Siantar terhadap <i>impulse</i>	42

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap data yang diperoleh dari pengamatan yang berkaitan dengan waktu pengamatannya, dimana data dianggap sebagai fungsi dari waktu dan pengaruh variabel waktu pengamatan diperhatikan, maka inilah yang disebut data *time series* atau deret waktu. Data deret waktu bisa berupa data harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan. Deret waktu dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu deret waktu univariat dan deret waktu multivariat. Deret waktu univariat, pada deret waktu ini hanya terdapat satu variabel pengamatan sedangkan pada deret waktu multivariat terdapat dua atau lebih variabel pengamatan.

Dalam menghadapi variabel ekonomi, seringkali nilai salah satu variabel tidak hanya terkait dengan waktu sebelumnya tetapi juga tergantung pada masa lalu nilai variabel lainnya. Selain karena sering tertarik untuk mempelajari tentang hubungan timbal balik yang dinamis antara sejumlah variabel tetapi juga karena dalam membuat pengambilan keputusan seringkali membutuhkan prediksi dalam variabel ekonomi maka dibutuhkan suatu pemodelan data. Untuk menganalisis data secara kuantitatif dalam deret waktu multivariat dimana melibatkan lebih dari satu variabel maka dapat menggunakan metode *Vector Autoregressive* (VAR). *Vector Error Correction Model* (VECM), atau *Vector Autoregressive Moving Average* (VARMA). Model VAR merupakan salah satu model yang paling sukses dalam penerapannya. Model VAR telah terbukti sangat berguna untuk menggambarkan perilaku dinamis di bidang ekonomi, keuangan, dan ilmu sosial (Usman dkk, 2022).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mencari model *Vector Autoregressive* pada data Indeks Harga Konsumen dari kota Sibolga, Pematang Siantar, dan Medan.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menambah wawasan dalam analisis deret waktu multivariat menggunakan model *Vector Autoregressive* yang diterapkan pada data Indeks Harga Konsumen.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Indeks Harga Konsumen (IHK)

Indeks Harga Konsumen merupakan salah satu indikator ekonomi yang dapat digunakan untuk membuat analisis sederhana tentang sekilas perkembangan ekonomi di suatu wilayah/daerah. IHK adalah angka yang menggambarkan perbandingan harga konsumen yang terjadi pada dua periode waktu yang berbeda. Harga konsumen mencakup harga semua jenis barang/jasa yang dikonsumsi masyarakat secara umum diantaranya meliputi: kelompok bahan makanan; kelompok makanan jadi, minuman, rokok, dan tembakau; kelompok perumahan, air, listrik, gas, dan bahan bakar; kelompok sandang; kelompok kesehatan; kelompok pendidikan, rekreasi dan olahraga; serta kelompok transpor dan komunikasi.

Ketujuh kelompok pengeluaran IHK merupakan paket komoditas, yaitu komoditi-komoditi terpilih berdasarkan 82 kota yang terdiri dari 33 ibu kota provinsi dan 49 kota-kota besar lainnya di seluruh Indonesia. Kota-kota yang terpilih merupakan kota yang dianggap pembangunan ekonominya cukup maju. Kemudian tiap kota akan memilih tempat misalnya pasar sebagai pengumpulan data harga dimana pasar tersebut dijadikan sebagai acuan harga pasar-pasar di sekitarnya. Data harga konsumen tersebut dijadikan sebagai penyusun IHK. Dari kelompok-kelompok tersebut terbagi lagi kedalam beberapa sub kelompok dan setiap sub kelompok terdiri dari beberapa komoditas. Berikut merupakan uraian kelompok data harga konsumen:

Tabel 1. Kelomok Data Harga Konsumen

Kelompok	Sub Kelompok
Bahan Makanan	<ul style="list-style-type: none"> • Padi-Padian, Umbi-umbian dan Hasilnya. • Daging dan Hasil-hasilnya. • Ikan Segar. • Ikan Diawetkan. • Telur, Susu, dan Hasil-hasilnya. • Sayur-sayuran. • Kacang-kacangan. • Buah-buahan. • Bumbu-bumbuan. • Lemak dan Minyak. • Bahan Makanan Lainnya.
Makanan Jadi, Minuman, Rokok, dan Tembakau	<ul style="list-style-type: none"> • Makanan Jadi. • Minuman yang Tidak Berakohol. • Tembakau dan Minuman Berakohol.
Perumahan, Air, Listrik, Gas, dan Bahan Bakar	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya Tempat Tinggal. • Bahan Bakar, Penerangan dan Air. • Perlengkapan Rumah Tangga. • Penyelenggaraan Rumah Tangga.
Sandang	<ul style="list-style-type: none"> • Sandang Laki-laki. • Sandang Wanita. • Sandang Anak-anak. • Barang Pribadi dan Sandang Lainnya.
Kesehatan	<ul style="list-style-type: none"> • Jasa Kesehatan. • Obat-obatan. • Jasa Perawatan Jasmani. • Perawatan Jasmani dan Kosmetik.
Pendidikan, Rekreasi dan Olahraga.	<ul style="list-style-type: none"> • Jasa Pendidikan. • Kursus-kursus/Pelatihan. • Perlengkapan/Peralatan Pendidikan. • Rekreasi. • Olahraga.
Transpor dan Komunikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Transpor. • Komunikasi dan Pengiriman. • Sarana dan Penunjang Transpor. • Jasa Keuangan.

Rumus perhitungan Indeks Harga Konsumen:

$$IHK_n = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{P_{ni}}{P_{(n-1)i}} P_{(n-1)i} Q_{0i}}{\sum_{i=1}^k P_{0i} Q_{0i}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- IHK_n = Indeks Harga Konsumen pada periode ke-n
 P_{ni} = Harga jenis barang i pada periode ke-n
 $P_{(n-1)i}$ = Harga jenis barang i periode sebelumnya (n-1)
 $P_{(n-1)i} Q_{0i}$ = Nilai konsumsi jenis barang i periode sebelumnya (n-1)
 $P_{0i} Q_{0i}$ = Nilai konsumsi jenis barang i periode tahun dasar
k = Banyaknya jenis barang paket komoditas (BPS, 2017).

Angka indeks harga konsumen merupakan angka indeks yang menggambarkan perubahan harga berbagai barang dan jasa yang dikonsumsi masyarakat secara umum, atau merupakan angka yang menggambarkan perbandingan harga konsumen yang terjadi pada suatu periode dengan periode waktu tertentu. Periode waktu yang telah ditentukan dipakai sebagai dasar perbandingan disebut periode dasar atau tahun dasar. Indeks harga konsumen periode tahun dasar ditentukan sama dengan seratus. Bila IHK pada suatu waktu lebih besar dari seratus, berarti secara makro terjadi kenaikan harga barang/jasa dan jika IHK menunjukkan angka kurang dari seratus maka periode tersebut telah terjadi penurunan harga barang/jasa terhadap harga pada periode dasar.

2.2 Deret Waktu (*Time Series*)

Time Series merupakan serangkaian data pengamatan yang berasal dari satu sumber tetap dan terjadi berdasarkan indeks waktu t secara beruntun dengan interval waktu yang tetap (Cryer, 1986). Setiap pengamatan dapat dinyatakan sebagai variabel random Z_t dengan notasi $Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_n}$. Tujuan *time series*

adalah menemukan pola dalam data deret waktu dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan (Wei, 2006).

Secara garis besar pemodelan data *time series* terbagi atas dua klasifikasi yaitu univariat dan multivariat. Pada model univariat peramalan data suatu variabel hanya didasarkan pada nilai variabel tersebut pada masa lampau, sedangkan model multivariat peramalan data dilakukan dengan menggunakan beberapa variabel secara simultan yang memiliki hubungan atau saling berkorelasi untuk mendapatkan keakuratan peramalan. Data deret waktu adalah sekumpulan pengamatan kuantitatif yang disusun dari satu objek yang terdiri dari beberapa waktu periode, seperti harian, bulanan, triwulanan, dan tahunan.

2.2.1 Deret Waktu Multivariat (*Multivariate Time Series*)

Data deret waktu yang memiliki dua atau lebih peubah disebut *multivariate time series*. Model *multivariate time series* melibatkan beberapa peubah yang tidak hanya runtut namun juga saling berkorelasi (Montgomery dkk, 2008).

Menurut Cryer dan Kung (2008), data deret waktu merupakan proses stokastik $\{x_{(t)}, t \in T\}$ dengan indeks parameter waktu $T = \{0, 1, \dots\}$.

Unit dari waktu dapat berupa tahunan, triwulan, bulan, minggu, hari, jam, menit atau detik. Hal ini bergantung pada penelitian yang dimodelkan.

Menurut Wei (2006), identifikasi pada model *multivariate time series* serupa dengan model *univariate time series*. Identifikasi berdasarkan pola atau *Matrix Autocorrelation Function* (MACF) dan *Matrix Partial Autocorrelation Function* (MPACF) setelah data stasioner.

2.3 Kestasioneran Data

Proses *time series* harus berada dalam keadaan stasioner yaitu suatu keadaan dari proses *time series* tidak berubah sepanjang waktu (Cryer, 1986).

Menurut Wei (2006), deret waktu yang stasioner adalah relative tidak terjadi kenaikan maupun penurunan nilai secara tajam pada data dan fluktuasi data berada pada sekitar nilai rata-rata yang konstan. Jadi deret waktu dapat dikatakan stasioner jika tidak ada kecenderungan perubahan dalam *mean* dan *varians*.

Suatu proses stokastik (Z_t) dikatakan stasioner pada *univariate time series* jika nilai μ , σ^2 dan γ_k tidak bergantung pada waktu pengamatan atau dapat ditulis sebagai berikut:

1. $E(\mathbf{Z}_t) = E(\mathbf{Z}_{t+k}) = \boldsymbol{\mu}$
2. $Var(\mathbf{Z}_t) = E(\mathbf{Z}_t - \boldsymbol{\mu})^2 = \boldsymbol{\sigma}^2$
3. $Cov(\mathbf{Z}_t, \mathbf{Z}_{t+k}) = E[(\mathbf{Z}_t - \boldsymbol{\mu})(\mathbf{Z}_{t+k} - \boldsymbol{\mu})] = \boldsymbol{\gamma}_k$

Jika pada *multivariate time series* kondisi stasioner dapat dituliskan sebagai berikut:

1. $E(\mathbf{Z}_t) = \boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_1 \\ \vdots \\ \mu_N \end{bmatrix}$
2. $Var(\mathbf{Z}_t) = E[(\mathbf{Z}_t - \boldsymbol{\mu})(\mathbf{Z}_t - \boldsymbol{\mu})'] = \boldsymbol{\Gamma}(0)$
3. $Cov(\mathbf{Z}_t, \mathbf{Z}_{t+k}) = E[(\mathbf{Z}_t - \boldsymbol{\mu})(\mathbf{Z}_{t+k} - \boldsymbol{\mu})'] = \boldsymbol{\Gamma}(k)$

Cara menguji stasioneritas data *time series* dengan melihat plot ACF serta uji akar unit (*unit root test*).

Diberikan suatu vektor deret waktu sebanyak n pengamatan $\mathbf{Z}_1, \mathbf{Z}_2, \dots, \mathbf{Z}_n$, matriks korelasi sampel dinyatakan sebagai:

$$\hat{\boldsymbol{\rho}}(k) = [\hat{\boldsymbol{\rho}}_{ij}(k)], \quad (2)$$

dengan $\hat{\boldsymbol{\rho}}_{ij}(k)$ adalah korelasi silang sampel dari komponen deret ke- i dan ke- j pada *lag* ke- k yaitu

$$\hat{\boldsymbol{\rho}}_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (\mathbf{Z}_{i,t} - \bar{\mathbf{Z}}_i)(\mathbf{Z}_{j,t+k} - \bar{\mathbf{Z}}_j)}{\left[\sum_{t=1}^n (\mathbf{Z}_{i,t} - \bar{\mathbf{Z}}_i)^2 \sum_{t=1}^n (\mathbf{Z}_{j,t} - \bar{\mathbf{Z}}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}, \quad (3)$$

dengan:

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

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

n = banyaknya data pengamatan

k = lag waktu.

Untuk mengetahui kestasioneran terhadap rata-rata dapat juga menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Uji ADF ini digunakan untuk melihat apakah terdapat *unit root* di dalam model atau tidak. Hipotesis yang digunakan pada uji ADF adalah:

H_0 : $\delta = 0$, terdapat akar unit atau data tidak stasioner

H_1 : $\delta < 0$, tidak terdapat akar unit atau data stasioner.

Menurut Gujarati (2013), secara umum formulasi dari uji ADF adalah sebagai berikut:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-1} + e_t \quad (4)$$

dengan

ΔY_t = selisih data pengamatan waktu ke- t dengan waktu sebelumnya

Y_t = nilai deret waktu ke- t

β_1, β_2 = konstanta

δ = koefisien autoregresif

e_t = nilai sisaan pada waktu ke- t .

Melalui Dickey dan Fuller telah menunjukkan bahwa di bawah hipotesis nol $\delta = 0$, estimasi nilai t dari koefisien Y_{t-1} pada persamaan (4) mengikuti statistik τ (tau). Nilai dari statistik tau yaitu:

$$DF_\tau = \frac{\hat{\delta} - 1}{sd(\hat{\delta})} \quad (5)$$

dengan $sd(\hat{\delta})$ merupakan standar deviasi δ duga. Jika nilai statistik tau lebih kecil dari nilai kritis tabel DF atau tabel *McKinnon* atau $p\text{-value} < \alpha$, maka hipotesis nol ditolak yang berarti deret waktu stasioner. Selain uji- τ , juga terdapat uji- ρ (statistik rho) yang dapat dihitung dengan rumus

$$\frac{n(\hat{\delta} - 1)}{1 - \hat{\delta}_1 - \dots - \hat{\delta}_p} \quad (6)$$

Data yang tidak stasioner dalam rata-rata perlu melalui proses diferensiasi (pembedaan) agar data menjadi stasioner dalam rata-rata. Menurut Gujarati (2004), diferensiasi dilakukan untuk mengubah data *time series* yang tidak stasioner sehingga menjadi stasioner. Diferensiasi pertama yaitu:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$$

Secara umum diferensiasi hingga k kali dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta^k y_t = \sum_{i=0}^k \binom{k}{i} (-1)^i y_{t-i} \quad (7)$$

Δ merupakan operator diferensiasi pertama dan $\Delta^k y_t$ merupakan diferensiasi y_t sebanyak k kali.

2.4 Model Vector Autoregressive (VAR)

Model *Vector Autoregressive* (VAR) merupakan gabungan dari beberapa model *Autoregressive* (AR). Model ini menjelaskan keterkaitan antar pengamatan pada peubah itu sendiri pada waktu sebelumnya dan juga keterkaitannya dengan pengamatan pada peubah lain pada waktu sebelumnya. Model VAR adalah suatu sistem persamaan yang memperlihatkan setiap variabel sebagai fungsi linear dari konstanta dan nilai *lag* dari variabel itu sendiri serta nilai *lag* dari variabel yang ada dalam sistem. Jika nilai pengamatan di satu lokasi/wilayah pada waktu ke- t dipengaruhi oleh nilai pengamatan di satu *lag* sebelumnya beserta pengamatan di lokasi lain, maka model ini berbentuk VAR(1). Model VAR(1) adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}_t = \Phi_0 + \Phi_1 \mathbf{Z}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

dengan

\mathbf{Z}_t = vektor pengamatan pada waktu ke- t lokasi ke- n yang berukuran $(K \times 1)$

Φ_0 = matriks konstan yang berukuran $(K \times 1)$

Φ_1 = matriks koefisien *vector autoregressive* orde ke-1 yang berukuran $(K \times K)$

ε_t = vektor *white noise*, dimana $\varepsilon_t \sim MN(0, \Sigma)$ yang berukuran $(K \times 1)$.

Jika nilai pengamatan di satu lokasi/wilayah pada waktu ke- t dipengaruhi oleh nilai pengamatan di-“ p ” lag sebelumnya beserta pengamatan di lokasi lain, maka model ini berbentuk VAR(p).

Model VAR(p) adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}_t = \Phi_0 + \Phi_1 \mathbf{Z}_{t-1} + \Phi_2 \mathbf{Z}_{t-2} + \cdots + \Phi_p \mathbf{Z}_{t-p} + \varepsilon_t \quad (9)$$

dengan

\mathbf{Z}_t = vektor pengamatan pada waktu ke- t lokasi ke- K yang berukuran ($K \times 1$)

Φ_0 = matriks konstan yang berukuran ($K \times 1$)

Φ_p = matriks koefisien *vector autoregressive* orde ke- p yang berukuran ($K \times K$)

ε_t = vektor *white noise*, dimana $\varepsilon_t \sim MN(0, \Sigma)$ yang berukuran ($K \times 1$)

(Lütkepohl, 2005).

Sebagai contoh untuk lokasi berjumlah dua, maka model VAR(p) yaitu:

$$\mathbf{Z}_t = \Phi_0 + \Phi_1 \mathbf{Z}_{t-1} + \Phi_2 \mathbf{Z}_{t-2} + \cdots + \Phi_p \mathbf{Z}_{t-p} + \varepsilon_t$$

dengan

$$\mathbf{Z}_t = \begin{pmatrix} \mathbf{Z}_{1t} \\ \mathbf{Z}_{2t} \end{pmatrix}, \mathbf{Z}_{t-1} = \begin{pmatrix} \mathbf{Z}_{1t-1} \\ \mathbf{Z}_{2t-1} \end{pmatrix}, \varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{pmatrix}, \Phi_0 = \begin{pmatrix} \Phi_{10} \\ \Phi_{20} \end{pmatrix}, \Phi_1 = \begin{pmatrix} \Phi_{11} & \Phi_{12} \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} \end{pmatrix}, \text{ dan}$$

$$\Phi_p = \begin{pmatrix} \Phi_{11}^p & \Phi_{12}^p \\ \Phi_{21}^p & \Phi_{22}^p \end{pmatrix}$$

Pemilihan lag VAR terbaik menggunakan kriteria *Akaike Information Criterion* (AIC), yaitu yang bernilai paling kecil (Wei 2006).

Persamaan AIC dapat ditulis sebagai berikut:

$$AIC = \log |\hat{\Sigma}_p| + \frac{2}{T} pK^2 \quad (10)$$

dengan:

$$\hat{\Sigma}_p = T^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{u}_t \hat{u}_t'$$

T = jumlah residual

K = banyaknya variabel.

2.5 Uji Kointegrasi

Metodologi *Johansen* yang berawal dalam orde p vektor autoregresif berikut:

$$\mathbf{Z}_t = \Phi_0 + \Phi_1 \mathbf{Z}_{t-1} + \Phi_2 \mathbf{Z}_{t-2} + \dots + \Phi_p \mathbf{Z}_{t-p} + \varepsilon_t$$

dimana \mathbf{Z}_t variabel vektor $K \times 1$ yang terintegrasi dari orde satu umumnya dilambangkan $I(1)$ dan ε_t vektor *white noise*. VAR ini dapat ditulis ulang sebagai

$$\Delta \mathbf{Z}_t = \Phi_0 + \Pi \mathbf{Z}_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta \mathbf{Z}_{t-i} + \varepsilon_t \quad (11)$$

dimana

$$\Pi = \sum_{i=1}^p \mathbf{A}_i - \mathbf{I} \text{ dan } \Gamma_i = -\sum_{j=1}^p \mathbf{A}_j.$$

Jika matriks koefisien Π telah mereduksi *rank* $r < K$, maka terdapat matriks $K \times r$ untuk masing-masing α dan β dengan *rank* r sehingga $\Pi = \alpha\beta'$ dan $\beta' \mathbf{Z}_t$ stasioner. r adalah jumlah hubungan kointegrasi, elemen α sebagai parameter penyesuaian dalam *Vector Error Correction Model* (VECM) dan setiap kolom β adalah vektor kointegrasi. Dapat ditunjukkan bahwa diberikan r , estimasi *Maximum Likelihood* dari β menentukan kombinasi \mathbf{Z}_{t-1} yang dihasilkan korelasi kanonik terbesar r dari $\Delta \mathbf{Z}_t$ dengan \mathbf{Z}_{t-1} setelah mengoreksi perbedaan *lag* dan variabel deterministik bila ada. *Johansen* mengusulkan dua rasio tes signifikansi korelasi kanonik yang kemungkinan berbeda dan dengan demikian mereduksi *rank* matriks Π yang ditunjukkan masing-masing pada persamaan dibawah ini.

$$J_{trace} = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (12)$$

$$J_{max} = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (13)$$

dengan

T = ukuran sampel

$\hat{\lambda}_i$ = korelasi kanonik terbesar ke- i (Hjalmarsson dan Österholm, 2007).

2.6 Uji Residual

2.6.1 Uji Portmanteau

Uji ini digunakan untuk signifikansi keseluruhan dari autokorelasi residual hingga lag h . Dalam kasus multivariat digunakan untuk menguji *white noise*.

Pada asumsi *white noise* residual dari masing-masing data saling independen.

Hipotesis yang digunakan yaitu.

$$H_0 : R_h = (R_1, \dots, R_h) = 0$$

$$H_1 : R_h \neq 0$$

Statistik uji

$$\begin{aligned} Q_h &= T \sum_{i=1}^h \text{tr}(\hat{R}_i' \hat{R}_u^{-1} \hat{R}_i \hat{R}_u^{-1}) \\ &= T \sum_{i=1}^h \text{tr}(\hat{R}_i' \hat{R}_u^{-1} \hat{R}_i \hat{R}_u^{-1} \hat{D}^{-1} \hat{D}) \\ &= T \sum_{i=1}^h \text{tr}(\hat{D} \hat{R}_i' \hat{D} \hat{D}^{-1} \hat{R}_u^{-1} \hat{D}^{-1} \hat{D} \hat{R}_i \hat{D} \hat{D}^{-1} \hat{R}_u^{-1} \hat{D}^{-1}) \\ &= T \sum_{i=1}^h \text{tr}(\hat{C}_i' \hat{C}_0^{-1} \hat{C}_i \hat{C}_0^{-1}) \end{aligned} \quad (14)$$

(Lütkepohl, 2005).

2.6.2 Uji Normalitas

Pengujian normalitas pengamatan telah menjadi fitur standar dalam pekerjaan statistik. Uji *Jarque-Bera* adalah uji kesesuaian yang berangkat dari normalitas, berdasarkan kecondongan sampel dan kurtosis. Untuk menguji apakah suatu pengamatan berdistribusi normal maka dilihat dari *output* uji *Jarque-Bera*. Uji statistik *Jarque-Bera* didefinisikan sebagai

$$JB = \frac{N}{6} \left(W^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right) \quad (15)$$

dimana

N = ukuran sampel

W = kemiringan (skewness), dan

K = keruncingan (kurtosis) (Usman dkk, 2022).

Selain dari uji *Jarque-Bera* juga dapat dilihat melalui *Quantile-Quantile* plot (Q-Q plot). Sebaran residual pada Q-Q plot jika mendekati garis lurus maka dapat dikatakan bahwa residual normal.

2.6.3 Uji Efek ARCH

ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) merupakan model yang dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa variannya heteroskedastisitas. Dengan menguji residual dilihat apakah ada efek ARCH, jika ada maka model yang digunakan yaitu model ARCH untuk data vektor pengamatan. Uji *Lagrange Multiplier* (LM) digunakan untuk memeriksa adanya efek ARCH. Untuk melakukan uji LM terlebih dahulu bangun model residual sebagai berikut:

$$\varepsilon_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \gamma_p \varepsilon_{t-p}^2 + v_t \quad (16)$$

Uji LM didefinisikan sebagai berikut

$$LM = TR^2 \quad (17)$$

dengan T adalah ukuran sampel dan R^2 adalah *R-Square* residual model (16) (Usman dkk, 2022).

2.7 Uji Kausalitas *Granger*

Untuk mengetahui apakah nilai suatu variabel dapat membantu meramalkan nilai lain dari suatu variabel maka dari itu dilakukan uji kausalitas *Granger*. Uji ini

dapat disebut juga uji untuk melihat hubungan sebab akibat dua variabel atau lebih. Langkah-langkah untuk melakukan uji kausalitas *Granger* sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}_i(t) = \alpha_0 + \alpha_1 \mathbf{Z}_i(t-1) + \alpha_2 \mathbf{Z}_i(t-2) + \dots + \alpha_p \mathbf{Z}_i(t-p) + \beta_1 \mathbf{Z}_j(t-1) + \beta_2 \mathbf{Z}_j(t-2) + \dots + \beta_p \mathbf{Z}_j(t-p) + \mathbf{u}_t \quad (18)$$

dengan *Ordinary Least Squares* dilakukan uji F dari hipotesis nol,

$$H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0.$$

Hitung jumlah kuadrat residual (JKR) dari persamaan (18)

$$JKR_1 = \sum_{t=1}^T \hat{\mathbf{u}}_t^2.$$

Dibawah hipotesis nol, persamaan (18) dapat ditulis sebagai:

$$\mathbf{Z}_i(t) = \gamma_0 + \gamma_1 \mathbf{Z}_i(t-1) + \gamma_2 \mathbf{Z}_i(t-2) + \dots + \gamma_p \mathbf{Z}_i(t-p) + \mathbf{v}_t \quad (19)$$

Kemudian hitung jumlah kuadrat residual (JKR) dari persamaan (19)

$$JKR_0 = \sum_{t=1}^T \hat{\mathbf{v}}_t^2.$$

Statistik uji:

$$S = \frac{T(JKR_0 - JKR_1)}{JKR_1}$$

Hipotesis nol ditolak jika *p-value* < 0.05 (Usman dkk, 2022).

2.8 Impulse Response Function (IRF)

Fungsi respon impuls atau IRF digunakan untuk mempelajari efek guncangan atau impuls dalam sistem VAR. Melihat pengaruh dari satu guncangan terhadap variabel itu sendiri dan terhadap semua variabel dalam VAR, menjaga semua variabel dan guncangan lainnya tetap konstan.

Menurut Hamilton (1994), model VAR(*p*) dapat dituliskan dalam vektor MA(∞) sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}_t = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\varepsilon}_t + \boldsymbol{\Psi}_1 \boldsymbol{\varepsilon}_{t-1} + \boldsymbol{\Psi}_2 \boldsymbol{\varepsilon}_{t-2} + \dots \quad (20)$$

Matriks Ψ memiliki interpretasi

$$\frac{\partial \mathbf{Z}_{t+s}}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}'_t} = \Psi_s$$

yaitu, baris ke- i elemen kolom ke- j dari Ψ_s menunjukkan pengaruh kenaikan standar deviasi satu satuan pada perubahan variabel ke j pada tanggal t ($\boldsymbol{\varepsilon}_{jt}$) terhadap nilai variabel ke- i pada waktu ke $t + s$ (\mathbf{Z}_{it+s}), semua perubahan lainnya konstan. Plot baris i , elemen kolom j dari Ψ_s ,

$$\frac{\partial \mathbf{Z}_{it+s}}{\partial \boldsymbol{\varepsilon}_{jt}}$$

sebagai fungsi dari s disebut *Impulse Response Function* (IRF).

III. METODOLOGI 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 Penelitian

Data yang digunakan adalah data Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Sibolga, Pematang Siantar dan Medan dari Januari 2009 hingga Desember 2022. Data diperoleh melalui publikasi (<https://bps.go.id>) yang diterbitkan oleh secara berkala dan juga mendatangi langsung Badan Pusat Statistik (BPS) untuk memperoleh data melalui *softcopy*.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* R. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menginput data IHK dari Januari 2009 – Desember 2022 ke *software* RStudio.

- Melakukan eksplorasi data untuk melihat gambaran umum statistika deskriptif dari data Indeks Harga Konsumen Kota Sibolga, Pematang Siantar dan Medan.
- Memeriksa kestasioneran data secara visual dengan melihat plot *Autocorrelation Function* (ACF) dan melihat hasil Uji Akar Unit (*Unit Root Test*). Jika data belum stasioner maka dilakukan *differencing*.
- Melakukan *differencing*.
- Kembali memeriksa kestasioneran data *differencing*.
- Melakukan uji kointegrasi.
- Menentukan orde *lag p* dengan melihat nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC) terkecil.
- Mencari nilai pendugaan parameter *autoregressive*(Φ) serta melihat variabel yang berpengaruh signifikan.
- Membentuk persamaan IHK dari model VAR(6) untuk ketiga lokasi.
- Menguji residual dengan melakukan uji *Portmanteau*, uji efek ARCH, uji normalitas dan plot stabilitas.
- Melakukan uji kausalitas *Granger*.
- Melakukan analisis *Impule Response Function* (IRF).

V. KESIMPULAN

Dari data Indeks Harga Konsumen pada tiga lokasi yaitu kota Sibolga, Pematang Siantar dan Medan dari bulan Januari 2009 hingga bulan Desember 2022, data dipelajari dengan menggunakan pemodelan analisis deret waktu multivariat. Data menunjukkan tidak stasioner dan setelah dilakukan proses diferensiasi, data menjadi stasioner. Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dipaparkan sebelumnya model *Vector Autoregressive* (VAR) yang diperoleh adalah VAR(6). Orde *autoregressive* 6 didapat dengan melihat nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) yang bernilai paling kecil. Analisis kausalitas *Granger* menunjukkan bahwa Sibolga dan Pematang Siantar memiliki kausalitas *Granger* dua arah satu sama lain, yaitu Sibolga memiliki kausalitas *Granger* terhadap Pematang Siantar dan Pematang Siantar memiliki kausalitas *Granger* terhadap Sibolga. Begitu juga Pematang Siantar dan Medan memiliki kausalitas *Granger* dua arah satu sama lain, yaitu Pematang Siantar memiliki kausalitas *Granger* terhadap Medan dan Medan memiliki kausalitas *Granger* terhadap Pematang Siantar.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. 2017. Inflasi. Badan Pusat Statistik. Diakses pada 16 Maret 2019 pukul 15.43 WIB. <https://sirusa.bps.go.id/index.php?r=indikator/view&id=570>.
- Cryer, J.D. 1986. *Time Series Analysis*. PWS-Kent Publishing Co, Boston.
- Cryer, J.D., dan Kung-Sik, C. 2008. *Time Series Analysis With Application in R Second Edition*. University of Iowa: Departement of Statistics & Actuarial Science, USA.
- Gujarati, D. 2004. *Basic Econometrics*, Fourth Edition. The McGraw-Hill Companies.
- Gujarati, D. 2013. *Basic Econometrics*. McGraw-Hill Education, New York.
- Hamilton, J.D. 1994. *Time Series Analysis*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Hjalmarsson, E., Österholm, P. 2007. Testing for Cointegration Using the Johansen Methodology When Variables are Near-Integrated. IMF WORKING PAPER NO. 07/141.
- Lütkepohl, H. 2005. *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer-Verlag. Berlin.
- Montgomery, D.C., Jennings, C.L., dan Kuhlaci, M. 2008. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. John Wiley & Sons, New Jersey.

Usman, M., Komarudin, M., Sarida, M., Wamiliana, W., Russel, E., Kufepaksi, M., Ali Alam, I., & A.M. Elfaki, F. 2022. Analysis of Some Variable Energy Companies by Using VAR(p)-GARCH(r,s) Model : Study From Energy Companies of Qatar over the Years 2015–2022. *International Journal of Energy Economics and Policy*, **12**(5), 178–191.

Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods Second Edition*. Person Education Inc, USA.