



**PENERAPAN MODEL VECTOR AUTOREGRESSIVE
INTEGRATED MOVING AVERAGE WITH EXOGENOUS
VARIABLE (VARIMAX)**

**(Studi Kasus Nilai Ekspor - Impor dan Kurs Rupiah
Januari 2009 - Maret 2021)**

SKRIPSI

oleh:

RISKA MELANGGREANI

175090500111002



PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA

JURUSAN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2021



**PENERAPAN MODEL VECTOR AUTOREGRESSIVE
INTEGRATED MOVING AVERAGE WITH EXOGENOUS
VARIABLE (VARIMAX)**

**(Studi Kasus Nilai Ekspor - Impor dan Kurs Rupiah
Januari 2009 - Maret 2021)**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Statistika**

oleh:

RISKA MELANGGREANI

175090500111002



PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA

JURUSAN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2021

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****PENERAPAN MODEL *VECTOR AUTOREGRESSIVE
INTEGRATED MOVING AVERAGE WITH EXOGENOUS
VARIABLE (VARIMAX)*****(Studi Kasus Nilai Ekspor - Impor dan Kurs Rupiah Januari
2009 - Maret 2021)**

oleh:

**RISKA MEI ANGGREANI
175090500111002**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal
7 Juli 2021 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Statistika dalam bidang Statistika

Dosen Pembimbing,**Luthfatul Amaliana, S.Si., M.Si.
NIP. 199006272015042002**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Statistika
Fakultas MIPA
Universitas Brawijaya****Kahma Fidiari, S.Si., M.Sc., Ph.D.
NIP. 197603281999032001**

**LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Riska Mei Anggreani

NIM : 175090500111002

Penulis Skripsi berjudul :

**Penerapan Model *Vector Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable* (VARIMAX)
(Studi Kasus Nilai Ekspor - Impor dan Kurs Rupiah
Januari 2009 - Maret 2021)**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis pada daftar pustaka dalam Skripsi ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung risiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 7 Juli 2021

Yang menyatakan,

Riska Mei Anggreani

NIM. 175090500111002



PENERAPAN MODEL *VECTOR AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE WITH EXOGENOUS VARIABLE*

(Studi Kasus Nilai Ekspor-Impor dan Kurs Rupiah
Januari 2009-Maret 2021)

ABSTRAK

Model *Vector Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable* (VARIMAX) adalah pengembangan dari model *Vector Autoregressive Integrated Moving Average* (VARMA), dimana merupakan model deret waktu multivariat gabungan antara *Vector Autoregressive* (VAR) dan *Vector Moving Average* (VMA) dengan menambahkan variabel eksogen ke dalam sistem persamaan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data bulanan nilai ekspor, nilai impor, dan kurs rupiah. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat model deret waktu simultan antara nilai ekspor dan nilai impor menggunakan model VARIMAX $(p,d,q)(b,s)$ serta mengetahui besar pengaruh antara keduanya. Selain itu, ingin diketahui pengaruh perubahan kurs rupiah terhadap nilai ekspor dan nilai impor. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh model VARIMAX $(2,1,3)(4,0)$. Analisis VARMA memperlihatkan bahwa ekspor dan impor memberi pengaruh satu sama lain dari periode dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh masing-masing sisaan dari periode tiga bulan sebelumnya. Analisis *shock* memperlihatkan bahwa *shock* atau guncangan pada kurs rupiah pada periode empat bulan sebelumnya memberi efek negatif terhadap nilai ekspor dan nilai impor.

Kata kunci: Ekspor, Impor, Kurs Rupiah, VARIMAX



IMPLEMENTATION OF VECTOR AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE WITH EXOGENOUS VARIABLE MODEL

(Case study in Export-Import and Rupiah Exchange Rate
January 2009-March 2021)

ABSTRACT

The Vector Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable (VARIMAX) model is a development of the Vector Autoregressive Integrated Moving Average (VARMA) model, which is a combined multivariate time series model between Vector Autoregressive (VAR) and Vector Moving Average (VMA) by adding exogenous variables to within the system of equations. This study uses monthly data of export value, import value, and rupiah exchange rate. The purpose of this study is to create a simultaneous time series model between export and import values using VARIMAX (p, d, q) (b, s) model and to determine the effect of the influence between the two. In addition, want to know the effect of shock that occurred on the rupiah exchange rate against the export value and import value. Based on the analysis results, the model obtained is VARIMAX (2,1,3) (4,0). VARMA analysis shows that exports and imports influence each other from the previous two months period and are influenced by each of residual from the previous three months period. The shock analysis shows that the shocks on the rupiah exchange rate in previous four months gives negative effect to value of exports and imports.

Keywords: Export, Import, Rupiah Exchange Rate, VARIMAX



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang memberikan rahmat serta hidayah-Nya kepada penulis untuk menyelesaikan Skripsi dengan judul “Penerapan Model *Vector Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable* (VARIMAX) (Studi Kasus Nilai Ekspor - Impor dan Kurs Rupiah Januari 2009 - Maret 2021)”. terselesaikannya Skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberi masukan serta motivasi kepada penulis. Untuk itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Luthfatul Amaliana, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi atas dukungan, waktu, dan bimbingan yang telah diberikan.
2. Dr. Adji Achmad Rinaldo Fernandes, S.Si, M.Sc. selaku dosen penguji I atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
3. Prof. Dr. Ir. Henny Pramodyo, MS. selaku dosen penguji II atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
4. Ibu Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.
5. Bapak dan Ibu dosen, staf, dan karyawan jurusan Statistika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
6. Ibu, Bapak, Kakak, Adik, serta seluruh keluarga besar atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang selalu diberikan.
7. Teman seperjuangannya Fifi, Defit, Agis, Risma, Ilmi, Hilda, Kiky, dan teman-teman Statistika UB 2017 atas dukungan, kebersamaan, bantuan, dan semangat selama kuliah.

Penyusunan Skripsi ini dibuat dengan sebaik-baiknya. Namun, sebagai manusia biasa tentu masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diperlukan agar dapat memperbaiki kualitas Skripsi ini. Besar harapan agar Skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun pembaca.

Malang, 7 Juli 2021

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	5
1.6. Diagram Orisinalitas Penelitian.....	6
BAB II TINJUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Analisis Deret Waktu.....	7
2.1.1. Plot Data Deret Waktu.....	7
2.2. Stasioneritas Data Deret Waktu.....	8
2.2.1. Stasioneritas Ragam.....	8
2.2.2. Stasioneritas Rata-Rata.....	9
2.3. <i>Vector Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable (VARIMAX)</i>	11
2.4. Penentuan Orde Model.....	13
2.4.1. <i>Matrix Autocorrelation Function (MACF)</i>	13
2.4.2. <i>Matrix Partial Autocorrelation Function (MPACF)</i>	14
2.5. Uji Kausalitas Granger.....	15
2.6. <i>Cross Correlation Function (CCF)</i>	17
2.7. Bobot Respon Impuls.....	18
2.8. Metode Pendugaan Parameter <i>Full Information Maximum Likelihood (FIML)</i>	20
2.8.1. Uji Signifikansi Parameter.....	23
2.8.2. Uji Diagnostik Sisaan.....	23
2.9. Tinjauan Non Statistika.....	25



2.9.1. Ekspor dan Impor	25
2.9.2. Kurs Rupiah	26
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1. Data Penelitian	27
3.2. Metode Analisis	27
3.3. Diagram Alir	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Plot Data Deret Waktu	33
4.1.1. Ekspor	33
4.1.2. Impor	34
4.1.3. Kurs Rupiah	34
4.2. Uji Stasioneritas Data Deret Waktu	35
4.2.1. Uji Stasioneritas Terhadap Ragam	35
4.2.2. Uji Stasioneritas Terhadap Rata-Rata	37
4.3. Uji Kausalitas <i>Granger</i>	39
4.4. <i>Cross Correlation Function</i> (CCF)	40
4.5. Identifikasi Orde Model VARIMAX $(p, d, q)(b, s)$	41
4.6. Pendugaan dan Uji Signifikansi Parameter Model VARIMAX $(p, d, q)(b, s)$	43
4.7. Diagnostik Sisaan Model	47
4.7.1. Uji Asumsi <i>White Noise</i>	47
4.7.2. Uji Asumsi Normalitas Sisaan	47
4.8. Pembahasan	48
BAB V PENUTUP	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	57



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Nilai <i>Lambda</i> dan Transformasi.....	9
Tabel 2.2. Bentuk dan Tipe Bobot Respon Impuls.....	18
Tabel 4.1. Uji Stasioneritas Ragam Variabel Ekspor.....	36
Tabel 4.2. Uji Stasioneritas Ragam Variabel Impor.....	36
Tabel 4.3. Uji Stasioneritas Ragam Variabel Kurs Rupiah.....	37
Tabel 4.4. Uji Stasioneritas Rata-Rata Variabel Ekspor.....	37
Tabel 4.5. Uji Stasioneritas Rata-Rata Variabel Impor.....	38
Tabel 4.6. Uji Stasioneritas Rata-Rata Variabel Kurs Rupiah.....	39
Tabel 4.7. Uji Kausalitas <i>Granger</i>	39
Tabel 4.8. Skema MACF.....	41
Tabel 4.9. Skema MPACF.....	42
Tabel 4.10. Hasil Pendugaan dan Uji Signifikansi Parameter Model VARIMAX (2,1,3)(4,0).....	43
Tabel 4.11. Uji Statistik <i>Portmanteau</i>	47
Tabel 4.12. Uji Normalitas Sisaan Model.....	48



DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1. Diagram Orisinalitas Penelitian	6
Gambar 2.1. Pola Kecenderungan Data Deret Waktu	8
Gambar 3.1. Diagram Alir Tahap Pemodelan VARIMAX.....	29
Gambar 4.1. Plot Data Nilai Ekspor	33
Gambar 4.2. Plot Data Nilai Impor.....	34
Gambar 4.3. Plot Data Kurs Rupiah.....	35
Gambar 4.4. Plot CCF Kurs Rupiah dengan Nilai Ekspor.....	40
Gambar 4.5. Plot CCF Kurs Rupiah dengan Nilai Impor.....	41



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Nilai Ekspor-Impor dan Kurs Rupiah.....	57
Lampiran 2. Data Hasil Transformasi <i>Box-Cox</i>	63
Lampiran 3. Output Uji Stasioneritas Ragam.....	69
Lampiran 4. Output Uji Stasioneritas Rata-Rata.....	71
Lampiran 5. Output Uji Kausalitas <i>Granger</i>	74
Lampiran 6. Skema MACF dan MPACF Pertumbuhan Ekspor dan Impor.....	75
Lampiran 7. Hasil Pendugaan dan Uji Signifikansi Parameter.....	76
Lampiran 8. Output Uji <i>Pormanteau</i>	78
Lampiran 9. Output Uji Normalitas Sisaan.....	79
Lampiran 10. <i>Syntax R</i>	80
Lampiran 11. <i>Syntax SAS</i>	83



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Deret waktu merupakan serangkaian pengamatan terhadap suatu variabel berdasarkan periode waktu tertentu secara berurutan dengan interval waktu yang tetap (Walpole, 1986). Tujuan analisis deret waktu antara lain memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu, meramalkan suatu nilai di masa depan, dan mengoptimalkan sistem kendali (Makridakis dkk, 1999). Berdasarkan banyak variabel yang diamati, pemodelan deret waktu terdiri atas model deret waktu univariat dan model deret waktu multivariat. Model deret waktu univariat adalah model yang hanya melibatkan satu variabel amatan, sedangkan model deret waktu multivariat adalah model yang melibatkan lebih dari satu variabel amatan secara bersama-sama.

Model *Autoregressive* (AR) merupakan salah satu model linier yang biasa diterapkan dalam data deret waktu univariat. Model AR merupakan model regresi terhadap dirinya sendiri (Cryer dan Chan, 2008). Model AR adalah suatu model linier khusus proses stasioner dari metode *Box-Jenkins*. Selain model AR, model *Moving Average* (MA) juga merupakan model linear khusus proses stasioner dari metode *Box-Jenkins*. Metode *Box-Jenkins* digunakan untuk data univariat yang di dalamnya diperlukan konsep kestasioneran data. *Box-Jenkins* (1970) memperkenalkan model runtun waktu yang biasa digunakan untuk memodelkan yang disebut model *Autoregressive Moving Average* (ARMA). Model ARMA merupakan gabungan dari model AR dan model MA.

Model *Vector Autoregressive* (VAR) merupakan perluasan dari model AR yang melibatkan lebih dari satu variabel amatan dan menghasilkan persamaan simultan. Model VAR pertama kali diperkenalkan oleh Sims (1980) sebagai pengembangan dari Granger. VAR merupakan suatu sistem persamaan dinamis, dengan pendugaan suatu variabel pada periode-periode tertentu yang didasarkan pada pergerakan suatu variabel dengan variabel lain yang terlibat dalam sistem pada periode-periode sebelumnya (Enders 2004). Gabungan antara model VAR dan model *Vector Moving Average* (VMA) yang melibatkan lebih dari satu variabel amatan disebut model *Vector Autoregressive Moving Average* (VARMA). Model VARMA sangat Cocok digunakan apabila terdapat lebih dari satu variabel endogen yang diamati bersama-sama.



Variabel pada model VARMA merupakan variabel endogen yang memiliki hubungan kausalitas dua arah. Dalam permasalahan data di lapang, model VARMA nampak terbatas karena hanya mencakup variabel yang memiliki hubungan kausalitas dua arah. Model VARMA dapat dikembangkan dengan memasukkan variabel eksogen ke dalam model. Pengembangan model VARMA ini disebut model *Vector Autoregressive Moving Average with Exogenous Variable* (VARMAX). Pada model VARMAX, variabel endogen dapat dipengaruhi oleh variabel endogen yang lain serta variabel eksogen yang merupakan variabel tambahan.

Untuk mengantisipasi adanya ketidakstasioneran pada data deret waktu, dilakukan pengembangan pada model VARMAX dengan memasukkan derajat integrasi pada model dalam membentuk suatu data deret waktu yang stasioner. Pengembangan dari model VARMAX dengan data deret waktu yang tidak stasioner ini disebut dengan *Vector Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable* (VARIMAX).

Semakin berkembangnya teknologi menyebabkan perkembangan dalam bidang ekonomi pula. Salah satu kebijakan dalam perkembangan ekonomi yang diterapkan oleh negara-negara di dunia yaitu kebijakan perekonomian terbuka. Saat ini, hampir seluruh negara di dunia menganut sistem perekonomian terbuka. Dengan adanya kebijakan sistem perekonomian terbuka, setiap negara di dunia mulai membuka diri terhadap perdagangan dan sistem keuangan internasional.

Perdagangan internasional adalah kegiatan perdagangan yang dilakukan antar negara dengan syarat dan kesepakatan bersama oleh kedua negara. Kegiatan perdagangan internasional tidak pernah lepas dari kegiatan ekspor dan impor. Tambunan (2001) mengartikan perdagangan internasional sebagai perdagangan antar atau lintas negara yang terdapat ekspor dan impor didalamnya. Dengan adanya perdagangan internasional, setiap negara di dunia dapat melakukan pertukaran sumber daya yang dimiliki oleh masing-masing negara, dengan tujuan untuk saling membantu memenuhi kebutuhan antar negara.

Ekspor dan impor merupakan salah satu faktor penting dalam perdagangan internasional, di mana ekspor adalah kegiatan menjual barang atau komoditas dari dalam negeri ke luar negeri dengan alat pembayaran dan syarat yang telah disepakati antar kedua negara. Sedangkan, impor adalah kegiatan membeli barang atau komoditas



dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Kegiatan impor terjadi karena kurangnya produksi suatu barang atau komoditas dalam negeri sehingga negara harus memenuhi kebutuhan tersebut dengan membeli barang dari luar negeri.

Semakin terbukanya perekonomian suatu negara maka akan berpengaruh terhadap perekonomian domestik terutama terhadap sektor luar negeri. Hal tersebut menjadi tanggung jawab pemerintah untuk menjaga kestabilan perekonomian dalam negeri. Salah satu stabilitas perekonomian sektor luar negeri yang harus dijaga yaitu stabilitas kurs mata uang domestik terhadap mata uang internasional. Sebagai negara yang menganut perekonomian terbuka, kondisi perekonomian Indonesia banyak dipengaruhi oleh kondisi perekonomian global. Oleh karena itu, menjaga stabilitas kurs rupiah merupakan salah satu faktor penting dalam menjaga stabilitas perekonomian Indonesia.

Kurs menjadi faktor paling penting yang menentukan arus perdagangan, arus modal dan FDI (*Foreign Direct Investment*), dan pembayaran dalam perekonomian internasional. Kurs mata uang akan berubah-ubah sesuai dengan perubahan permintaan dan penawaran valuta asing. Permintaan valuta asing diperlukan dalam melakukan pembayaran impor.

Centinkaya dan Erdogan (2010) melakukan penelitian mengenai analisis VAR antara variabel GDP, ekspor, dan impor pada data triwulanan periode Januari 2002 sampai dengan Maret 2010 di Turki. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya hubungan kausalitas dua arah antara variabel ekspor dan impor. Penelitian lain mengenai hubungan kurs rupiah terhadap ekspor minyak kelapa dilakukan oleh Angkouw (2013). Hasil penelitian tersebut mengemukakan bahwa kurs rupiah memiliki pengaruh positif terhadap ekspor minyak kelapa. Kurs rupiah yang terus berfluktuasi, berdampak pada jumlah ekspor minyak kelapa kasar baik nilai maupun volume dari total ekspor minyak kelapa kasar. Menurut Andy dan Hadi (2009), kurs memiliki pengaruh yang negatif terhadap impor. Semakin tinggi nilai kurs rupiah terhadap dollar, menyebabkan nilai impor akan semakin turun. Parveen dan Ismail (2012) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa kurs valuta asing mempunyai hubungan negatif dan signifikan terhadap volume impor suatu negara.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, maka dilakukan suatu analisis untuk memodelkan pengaruh kurs rupiah terhadap ekspor dan impor dengan menggunakan pemodelan *Vector Autoregressive*



Integrated Moving Average with Exogenous Variable (VARIMAX). Pada penelitian ini, ekspor dan impor menjadi variabel endogen, dan kurs rupiah menjadi variabel eksogen yang akan dianalisis pada model.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas maka rumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan VARIMAX pada kasus hubungan antara ekspor, impor, dan kurs rupiah pada Januari 2009 sampai Maret 2021?
2. Bagaimana hubungan antara variabel ekspor dan impor di Indonesia?
3. Bagaimana pengaruh kurs rupiah terhadap nilai ekspor dan impor?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian mengenai rumusan masalah yang akan dibahas, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menerapkan model VARIMAX pada kasus hubungan antara ekspor, impor, dan kurs rupiah pada Januari 2009 sampai Maret 2021.
2. Mengetahui bentuk hubungan antara variabel ekspor dan impor di Indonesia.
3. Mengetahui pengaruh kurs rupiah terhadap nilai ekspor dan impor.

1.4. Manfaat Penelitian

Diharapkan dengan adanya penelitian ini, dapat diperoleh manfaat antara lain sebagai berikut:

1. Memberi wawasan dan informasi ilmiah kepada pembaca mengenai pemodelan *Vector Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable* (VARIMAX) pada kasus hubungan antara ekspor, impor, dan kurs pada Januari 2009 sampai Maret 2021.
2. Memberikan gambaran kepada pemerintah mengenai hubungan antara ekspor-impor dan kurs rupiah di Indonesia agar pemerintah dapat membuat kebijakan yang tepat dalam menetapkan nilai ekspor dan impor di Indonesia



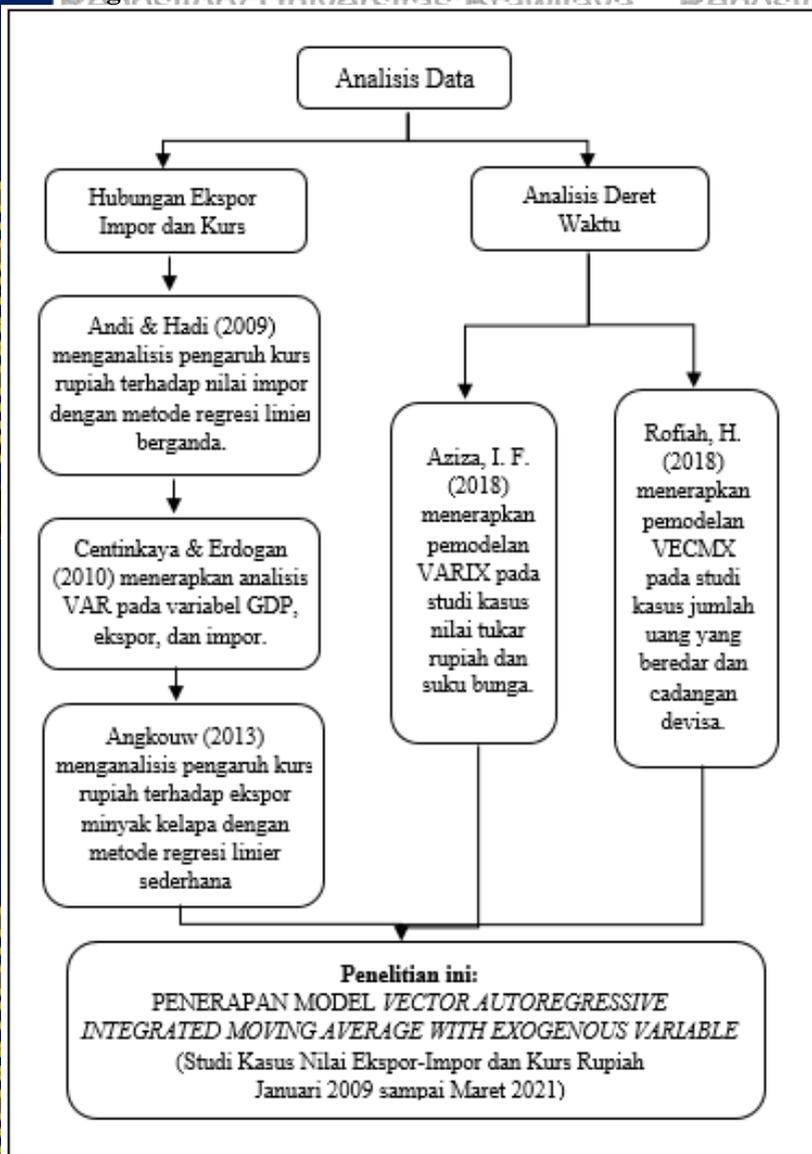
1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kriteria model yang digunakan adalah model penuh (*full model*).
2. Pelanggaran asumsi kenormalan dan autokorelasi sisaan model VARIMAX pada kasus hubungan antara ekspor, impor dan kurs rupiah pada Januari 2009 sampai Maret 2021 tidak ditangani.



1.6. Diagram Orisinalitas Penelitian



Gambar 1.1. Diagram Orisinalitas Penelitian



BAB II TINJUAN PUSTAKA

2.1. Analisis Deret Waktu

Menurut Cryer dan Chan (2008), data deret waktu Y_t adalah serangkaian hasil pengamatan bersifat acak dan berkorelasi yang disusun menurut waktu. Menurut Box dan Jenkins (1970), deret waktu adalah sekelompok nilai pengamatan yang didapatkan pada titik waktu berbeda dengan selang waktu yang sama dan diasumsikan saling berhubungan satu sama lain. Hal tersebut menunjukkan bahwa data deret waktu adalah rangkaian nilai pengamatan yang memiliki ketergantungan antara kejadian masa kini terhadap masa lalu atau lebih dikenal dengan autokorelasi antara Y_t dan Y_{t-k} yang diukur selama kurun waktu tertentu, berdasarkan waktu dengan interval sama.

Menurut Alt, Hung, dan Lap-Ming (1998), ada beberapa tujuan dalam melakukan analisis deret waktu. Pertama, untuk mempelajari pola dari data yang disajikan berdasarkan urutan waktu dengan cara membuat model matematis. Kedua, untuk melakukan peramalan guna mengantisipasi kejadian yang akan datang. Peramalan deret waktu adalah penggunaan model untuk memprediksi nilai di waktu mendatang berdasar peristiwa yang telah terjadi.

Di dunia bisnis, data deret waktu digunakan sebagai bahan acuan pembuatan keputusan sekarang, untuk proyeksi, maupun untuk perencanaan pada masa depan. Menurut Wiyanti dan Pulungan (2012), teknik peramalan deret waktu terbagi menjadi dua bagian. Pertama, model peramalan yang didasarkan pada model matematika statistik AR, MA, *Exponential Smoothing*, Regresi, dan ARIMA.

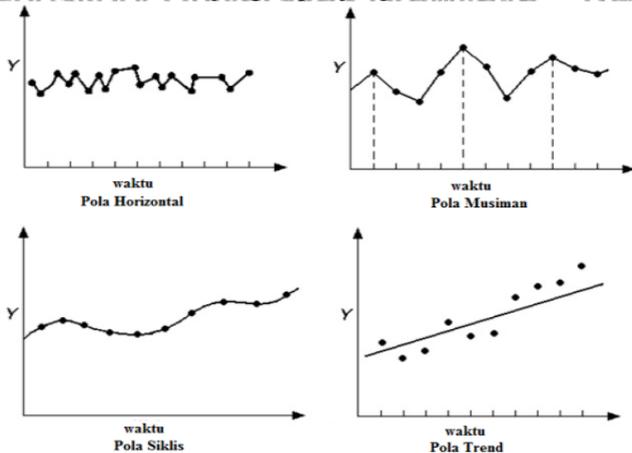
2.1.1. Plot Data Deret Waktu

Langkah penting dalam memilih suatu metode deret waktu adalah dengan mempertimbangkan pola kecenderungan data, sehingga dapat memilih metode yang tepat dengan pola tersebut. Pola data dibedakan menjadi empat yaitu (Makridakis dkk, 1999):

1. Pola horizontal, terjadi ketika data berfluktuasi di sekitar rata-rata. Hal ini berarti data sudah stasioner terhadap rata-rata.
2. Pola musiman, terjadi ketika suatu deret dipengaruhi faktor musiman (misal kuartal tahun tertentu, bulanan atau hari-hari pada minggu tertentu).



3. Pola siklis, terjadi ketika data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang yang berhubungan dengan siklus bisnis.
4. Pola *trend*, terjadi ketika data mengandung kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang.



Gambar 2.1. Pola Kecenderungan Data Deret Waktu

Sumber: Makridakis dkk (1999)

2.2. Stasioneritas Data Deret Waktu

Stasioneritas adalah suatu keadaan pada data deret waktu di mana data berfluktuasi dengan ragam konstan dan di sekitar rata-rata yang konstan (Makridakis dkk, 1999). Agar sifat statistik pada data tidak berubah akibat pergeseran waktu, maka stasioneritas pada data sangat diperlukan. Pada aplikasinya, sifat statistik yang menjadi perhatian adalah rata-rata, varian, dan kovarian. Data yang stasioner dapat digunakan untuk meramalkan sifat statistik di masa depan dengan tepat berdasarkan data historis di masa lalu. Terdapat dua asumsi stasioneritas yang harus dipenuhi yaitu stasioneritas terhadap rata-rata dan stasioneritas terhadap ragam.

2.2.1. Stasioneritas Ragam

Data deret waktu dikatakan stasioner terhadap ragam apabila data berfluktuasi dengan ragam konstan dari waktu ke waktu. Menurut Wei (2006), cara mengatasi ketidakstasioneran data terhadap ragam adalah dengan melakukan transformasi *Box-Cox* dengan menetapkan nilai parameter λ . Pandang data deret waktu Y_1, Y_2, \dots, Y_n , transformasi



Box-Cox dilakukan dengan mengubah data tersebut menjadi $f_\lambda(Y_1), f_\lambda(Y_2), \dots, f_\lambda(Y_n)$ di mana (Brockwell dan Davis, 2002)

$$f_\lambda(Y_t) = \begin{cases} Y_t^\lambda, & \text{untuk } \lambda \neq 0 \\ \ln(Y_t), & \text{untuk } \lambda = 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

di mana $f_\lambda(Y_t)$ adalah data hasil transformasi *Box-Cox* dengan λ merupakan parameter transformasi yang perlu diduga.

Apabila nilai λ yang dihasilkan tidak sama dengan 1, maka perlu dilakukan transformasi *Box-Cox* hingga λ bernilai 1. Berikut adalah nilai λ yang umum digunakan dalam transformasi *Box-Cox*.

Tabel 2.1. Nilai *Lambda* dan Transformasi

Nilai <i>Lambda</i>	-1	-0.5	0	0.5	1
Bentuk Transformasi	$\frac{1}{Y_t}$	$\frac{1}{\sqrt{Y_t}}$	$\ln Y_t$	$\sqrt{Y_t}$	Y_t

Menurut Draper dan Smith (1992), pendugaan nilai λ dapat diperoleh dengan menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE) sebagai berikut.

$$L(\mu, \sigma^2(\lambda), \lambda) = (2\pi\sigma^2(\lambda))^{-\frac{T}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2(\lambda)} \sum_{t=1}^T (f_\lambda(Y_t) - \mu)^2\right) \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \ln L(\mu, \sigma^2(\lambda), \lambda) &= \ln\left((2\pi\sigma^2(\lambda))^{-\frac{T}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2(\lambda)} \sum_{t=1}^T (f_\lambda(Y_t) - \mu)^2\right)\right) \\ &= -\frac{T}{2} \ln(2\pi) - \frac{T}{2} \ln \sigma^2(\lambda) - \frac{1}{2\sigma^2(\lambda)} \sum_{t=1}^T (f_\lambda(Y_t) - \mu)^2 \\ &= -\frac{T}{2} \ln(2\pi) - \frac{T}{2} \ln \sigma^2(\lambda) - \frac{\sum_{t=1}^T (f_\lambda(Y_t) - \mu)^2}{2\sigma^2(\lambda)} \end{aligned} \quad (2.3)$$

dengan menurunkan fungsi $\ln L(\mu, \sigma^2(\lambda), \lambda)$ terhadap λ , maka didapat pendugaan parameter λ sebagai berikut:

$$L \text{ maks}(\lambda) = \frac{\partial}{\partial \lambda} \left(-\frac{T}{2} \ln(2\pi) - \frac{T}{2} \ln \sigma^2(\lambda) - \frac{\sum_{t=1}^T (f_\lambda(Y_t) - \mu)^2}{2\sigma^2(\lambda)} \right)$$

$$L \text{ maks}(\lambda) = -\frac{T}{2} \ln(\sigma^2(\lambda)) \quad (2.4)$$

2.2.2. Stasioneritas Rata-Rata

Data deret waktu dikatakan stasioner terhadap rata-rata apabila data berfluktuasi di sekitar rata-rata dari waktu ke waktu. Data yang sudah stasioner terhadap ragam belum tentu bersifat stasioner terhadap



rata-rata, sehingga perlu dilakukan pengujian stasioneritas terhadap rata-rata.

Kestasioneran data deret waktu terhadap rata-rata dapat diketahui melalui uji akar unit *Dickey Fuller*. Menurut Gujarati (2004), langkah-langkah dalam melakukan uji akar unit *Dickey Fuller* dapat dimulai dengan model berikut.

$$Y_t = \phi Y_{t-1} + u_t \quad ; \quad -1 \leq \phi \leq 1 \quad (2.5)$$

di mana u_t merupakan sisaan yang bersifat stokastik dengan rata-rata sama dengan nol, ragam konstan, dan terbebas dari autokorelasi.

Apabila nilai parameter $\phi \geq 1$, maka variabel acak Y memiliki akar unit yang artinya data bergerak secara *random walk* sehingga data tidak stasioner terhadap rata-rata. Oleh karena itu dilakukan proses pengurangan dalam persamaan (2.5) pada kedua sisi dengan Y_{t-1} sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$Y_t - Y_{t-1} = \phi Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t$$

$$Y_t - Y_{t-1} = (\phi - 1)Y_{t-1} + u_t \quad (2.6)$$

$$\nabla Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (2.7)$$

dengan $\nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ dan $\delta = (\phi - 1)$

Hipotesis uji akar unit *Dickey Fuller* menurut Wei (2006) didefinisikan sebagai berikut.

$$H_0: \delta \geq 0, \text{ vs}$$

$$H_1: \delta < 0$$

Uji akar unit *Dickey Fuller* menggunakan statistik uji t yang ditulis sebagai berikut.

$$t = \frac{\hat{\delta}}{SE_{\hat{\delta}}} \quad (2.8)$$

dengan

$$\hat{\delta} = \frac{\sum_{t=1}^T Y_{t-1} Y_t}{\sum_{t=1}^T Y_{t-1}^2}$$

$$SE_{\hat{\delta}} = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_a^2}{\sum_{t=1}^T Y_{t-1}^2}}$$

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (Y_t - Y_{t-1})^2}{T - 1}$$

di mana,

$\hat{\delta}$: nilai duga parameter *autoregressive*

$SE_{\hat{\delta}}$: *standart error* dari $\hat{\delta}$



Kriteria pengambilan keputusan dikatakan tolak H_0 jika statistik uji $t > t_{n-1}^\alpha$ atau $p - value < \alpha$, artinya bahwa data sudah stasioner terhadap rata-rata.

Apabila menghasilkan keputusan terima H_0 atau data tidak stasioner terhadap rata-rata, maka perlu dilakukan pembedaan (*differencing*) dengan orde tertentu sehingga dapat tercapai data deret waktu yang stasioner. Berikut merupakan persamaan *differencing* secara umum.

$$\nabla^d Y_t = Y_t - Y_{t-d} \quad (2.9)$$

di mana,

Y_t : pengamatan pada periode ke- t

Y_{t-d} : pengamatan pada periode ke- $(t-d)$

d : orde *differencing*

2.3. Vector Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable (VARIMAX)

VARMA merupakan gabungan dari model VAR dan VMA. Model VAR merupakan perluasan dari model AR yang sering digunakan dalam berbagai penelitian bidang ekonomi sebagai alternatif pemodelan deret waktu multivariat yang menghasilkan suatu persamaan simultan. Model VAR merupakan suatu sistem persamaan di mana pendugaan variabel pada periode waktu tertentu tergantung pada perubahan variabel tersebut dan variabel lain yang terlibat dalam sistem pada periode sebelumnya.

Menurut Wei (2006), persamaan model VAR dengan orde p ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$Y_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + u_t \quad (2.10)$$

di mana,

Y_t : vektor variabel pada periode ke- t berukuran $n \times 1$

ϕ_0 : vektor intersep berukuran $n \times 1$

ϕ_i : matriks koefisien variabel berukuran $n \times n$

Y_{t-i} : vektor variabel pada *time lag* ke- $(t-i)$ berukuran $n \times 1$

u_t : vektor sisaan

p : panjang *lag*

n : banyak variabel

Model VMA merupakan perluasan dari model MA. Suatu proses deret waktu Y_t berdimensi k disebut sebagai model VMA orde q apabila (Wei, 2006):

$$Y_t = u_t - \sum_{j=1}^q \theta_j u_{t-j} \quad (2.11)$$



di mana,

θ_j : matriks koefisien berukuran $n \times n$ dengan $\theta_q \neq 0$

u_t : vektor sisaan yang bersifat *white noise*

Model VARMA merupakan suatu metode analisis deret waktu multivariat yang berbentuk simultan, di mana variabel yang digunakan berjumlah lebih dari satu dan antar variabel memiliki hubungan dua arah. Persamaan model VARMA dengan orde p dan q dapat ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$Y_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + u_t - \sum_{j=1}^q \theta_j u_{t-j} \quad (2.12)$$

Model VARMA cocok digunakan apabila dalam data deret waktu, asumsi stasioneritas rata-rata telah terpenuhi. Namun, apabila data deret waktu terindikasi adanya keadaan yang tidak stasioner terhadap rata-rata, maka model yang cocok digunakan adalah model *Vector Autoregressive Integrated Moving Average* (VARIMA).

Model VARIMA adalah pengembangan dari model VARMA dengan memasukkan orde integrasi atau *differencing* pada model. Orde integrasi pada model VARIMA dilambangkan dengan d .

Model VARMA nampak terbatas karena amatan hanya dibatasi oleh variabel yang memiliki hubungan dua arah. Hal ini dapat dihindari dengan memasukkan variabel eksogen dalam model. Menurut Spliid (1983), *Vector Autoregressive Moving Average with Exogenous Variable* (VARMAX) merupakan kasus khusus dari model VARMA dengan menambahkan variabel eksogen pada model. Berikut adalah bentuk persamaan umum dari model VARMAX (Spliid, 1983).

$$Y_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \sum_{k=1}^s \gamma_k X_{t-k} + u_t - \sum_{j=1}^q \theta_j u_{t-j} \quad (2.13)$$

di mana,

Y_t : vektor variabel endogen pada periode ke- t berukuran $n \times 1$

X_{t-k} : vektor variabel eksogen pada periode ke- $(t - k)$ berukuran $m \times 1$

u_t : vektor sisaan berukuran $n \times 1$

u_{t-j} : vektor sisaan pada periode ke- $(t - j)$ berukuran $n \times 1$

ϕ_0 : vektor intersep berukuran $n \times 1$

ϕ_i : matriks $n \times n$ dari parameter model AR yang akan diduga, dengan $i = 1, \dots, p$

γ_k : matriks $n \times m$ dari parameter variabel eksogen yang akan diduga, dengan $k = 1, \dots, s$.



θ_j : matriks $n \times n$ dari parameter model MA yang akan diduga, dengan $j = 1, \dots, q$.

p : panjang lag untuk variabel endogen

q : panjang lag untuk sisaan

s : panjang lag untuk variabel eksogen

n : banyak variabel endogen

m : banyak variabel eksogen

Model VARMAX dengan memasukkan orde integrasi pada model disebut dengan VARIMAX $(p, d, q)(b, s)$.

2.4. Penentuan Orde Model

Dalam menentukan banyak *time lag* untuk penetapan orde pada model VARIMAX, maka diperlukan *Matrix Autocorrelation Function* (MACF) dan *Matrix Partial Autocorrelation Function* (MPACF).

2.4.1. Matrix Autocorrelation Function (MACF)

Menurut Wei (2006), jika diketahui suatu vektor deret waktu Y_1, Y_2, \dots, Y_T , maka dapat ditentukan suatu matriks fungsi autokorelasi sampel (MACF) dengan persamaan sebagai berikut.

$$\rho(k) = \mathbf{D}^{-\frac{1}{2}} \Gamma(k) \mathbf{D}^{-\frac{1}{2}} = [\hat{\rho}_{ij}(k)]_{m \times m} \quad (2.14)$$

untuk $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, m$ di mana m adalah banyak variabel dan \mathbf{D} adalah matriks diagonal dengan elemen diagonal ke- i adalah varian dari proses ke- i . Matriks \mathbf{D} dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\mathbf{D} = \text{diag}[\gamma_{11}(0), \gamma_{22}(0), \dots, \gamma_{mm}(0)] \quad (2.15)$$

Elemen diagonal ke- i dari $\rho(k)$ dan $\rho_{ii}(k)$ adalah fungsi autokorelasi ke- i dari komponen deret Y_{it} . Fungsi matriks autokorelasi untuk sampel adalah sebagai berikut.

$$\hat{\rho}(k) = [\hat{\rho}_{ij}(k)] \quad (2.16)$$

dengan $\hat{\rho}_{ij}(k)$ merupakan korelasi silang sampel dari komponen data ke- i dan ke- j yaitu,

$$\hat{\rho}_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{T-k} (Y_{it} - \bar{Y}_i)(Y_{jt+k} - \bar{Y}_j)}{\left[\sum_{t=1}^T (Y_{it} - \bar{Y}_i)^2 \sum_{t=1}^T (Y_{jt} - \bar{Y}_j)^2 \right]^{1/2}} \quad (2.17)$$

di mana \bar{Y}_i dan \bar{Y}_j merupakan rata-rata sampel dari komponen data yang bersesuaian. Untuk menentukan orde VMA dari pemodelan VARIMAX dapat dilihat dari plot MACF yang akan *cuts off* setelah lag ke- q .



2.4.2. Matrix Partial Autocorrelation Function (MPACF)

Identifikasi orde model pada analisis data deret waktu multivariat dapat dilakukan dengan menggunakan matriks fungsi autokorelasi parsial (MPACF) dalam mendeskripsikan karakteristik suatu model.

Tiao dan Box (1981) dalam Wei (2006) mendefinisikan MPACF pada lag ke- p dan dinotasikan dengan $\mathcal{P}(p)$. Matriks fungsi autokorelasi parsial didapatkan berdasarkan persamaan Yule-Walker sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\begin{bmatrix} \Gamma(0) & \Gamma'(1) & \dots & \Gamma'(p-1) \\ \Gamma(1) & \Gamma(0) & \dots & \Gamma'(p-2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma(p-1) & \Gamma(p-2) & \dots & \Gamma(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi'_{p,1} \\ \Phi'_{p,2} \\ \vdots \\ \Phi'_{p,p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Gamma(1) \\ \Gamma(2) \\ \vdots \\ \Gamma(p) \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

di mana,
 $\Gamma(p) = E(Y_t, Y'_{t+p})$: matriks kovarian lag ke- p dengan ukuran $m \times m$
 $\Phi'_{p,l}$: matriks parameter dengan ukuran $m \times m$ dengan $l = 1, 2, \dots, p$

Berdasarkan persamaan (2.18) dapat diperoleh penyelesaian dari $\Phi'_{p,p}$ dan matriks fungsi autokorelasi parsial. Apabila $p \geq 2$, maka persamaan (2.18) dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$A(p) = \begin{bmatrix} \Gamma(0) & \Gamma'(1) & \dots & \Gamma'(p-2) \\ \Gamma(1) & \Gamma(0) & \dots & \Gamma'(p-3) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma(p-2) & \Gamma(p-3) & \dots & \Gamma(0) \end{bmatrix}$$

$$b(p) = \begin{bmatrix} \Gamma'(p-1) \\ \Gamma'(p-2) \\ \vdots \\ \Gamma'(1) \end{bmatrix}; c(p) = \begin{bmatrix} \Gamma(1) \\ \Gamma(2) \\ \vdots \\ \Gamma(p-1) \end{bmatrix}$$

$$\Phi'(p-1) = \begin{bmatrix} \Phi'_{p,1} \\ \Phi'_{p,2} \\ \vdots \\ \Phi'_{p,p-1} \end{bmatrix}$$

Sehingga persamaan (2.18) dapat ditulis menjadi bentuk matriks sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} A(p) & b(p) \\ b'(p) & \Gamma(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi'(p-1) \\ \Phi'_{p,p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c(p) \\ \Gamma(p) \end{bmatrix} \quad (2.19)$$



Persamaan (2.19) dapat dijabarkan menjadi persamaan sebagai berikut.

$$\mathbf{A}(p)\Phi'(p-1) + \mathbf{b}(p)\Phi_{p,p}' = \mathbf{c}(p) \quad (2.20)$$

$$\mathbf{b}'(p)\Phi'(p-1) + \Gamma(0)\Phi_{p,p}' = \Gamma(p) \quad (2.21)$$

Berdasarkan persamaan (2.20) dapat diperoleh persamaan berikut.

$$\Phi'(p-1) = [\mathbf{A}(p)]^{-1} \mathbf{c}(p) - [\mathbf{A}(p)]^{-1} \mathbf{b}(p)\Phi_{p,p}' \quad (2.22)$$

Kemudian substitusi persamaan (2.22) ke dalam persamaan (2.21) sehingga diperoleh $\Phi_{p,p}'$

$$\Phi_{p,p}' = \{\Gamma(0) - \mathbf{b}'(p)[\mathbf{A}(p)]^{-1}\mathbf{b}(p)\}^{-1} \{\Gamma(p) - \mathbf{b}'(p)[\mathbf{A}(p)]^{-1}\mathbf{c}(p)\} \quad (2.23)$$

MPACF $\mathcal{P}(p)$ dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$\mathcal{P}(p) = \begin{cases} \Gamma(1)[\Gamma(0)]^{-1}, & p = 1 \\ \{\Gamma(p) - \mathbf{c}'(p)[\mathbf{A}(p)]^{-1}\mathbf{b}(p)\} \{\Gamma(0) - \mathbf{b}'(p)[\mathbf{A}(p)]^{-1}\mathbf{b}(p)\}^{-1}, & p > 1 \end{cases} \quad (2.24)$$

Untuk menentukan orde VAR dari pemodelan VARIMAX dapat dilihat dari plot MPACF yang akan *cuts off* setelah lag ke- p .

2.5. Uji Kausalitas Granger

Uji kausalitas *Granger* dilakukan untuk mengetahui apakah dua variabel memiliki hubungan sebab akibat satu arah atau dua arah. Pada data deret waktu hubungan sebab akibat antar variabel endogen sangat mungkin terjadi. Oleh karena itu, sangat perlu dilakukan uji kausalitas untuk menentukan analisis yang tepat digunakan untuk langkah selanjutnya. Asumsi awal pada uji kausalitas *Granger* adalah semua informasi pada masa lalu memiliki pengaruh terhadap apa yang terjadi pada masa ini. Pengujian model kausalitas *Granger* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$y_{1,t} = a_0 + \sum_{i=1}^p A_i y_{1,t-i} + \sum_{j=1}^q B_j y_{2,t-j} + u_{1,t} \quad (2.25)$$

$$y_{2,t} = b_0 + \sum_{j=1}^q C_j y_{2,t-j} + \sum_{i=1}^p D_i y_{1,t-i} + u_{2,t} \quad (2.26)$$

di mana.

a_0, b_0 : konstanta

A_i : koefisien regresi dari variabel $y_{1,t}$ pada pengujian $y_{2,t}$ sebagai variabel bebas dan $y_{1,t}$ sebagai variabel respon.

B_j : koefisien regresi dari variabel $y_{2,t}$ pada pengujian $y_{2,t}$ sebagai variabel bebas dan $y_{1,t}$ sebagai variabel respon.

C_j : koefisien regresi dari variabel $y_{2,t}$ pada pengujian $y_{1,t}$ sebagai variabel bebas dan $y_{2,t}$ sebagai variabel respon.

D_i : koefisien regresi dari variabel $y_{1,t}$ pada pengujian $y_{1,t}$ sebagai variabel bebas dan $y_{2,t}$ sebagai variabel respon.



Langkah-langkah pengujian kausalitas *Granger* adalah sebagai berikut.

1. Meregresikan $y_{1,t}$ dengan *lag* $y_{1,t}$ tanpa menyertakan *lag* dari $y_{2,t}$ (*restricted regression*). Dari *restricted regression* didapatkan jumlah kuadrat sisaan untuk *restricted regression* (RSS_R).
2. Meregresikan $y_{1,t}$ dengan *lag* $y_{1,t}$ dengan menyertakan *lag* dari $y_{2,t}$ (*unrestricted regression*). Dari *unrestricted regression* didapatkan jumlah kuadrat sisaan untuk *unrestricted regression* (RSS_U).
3. Menguji hipotesis B_j dan D_i pada persamaan (2.25) dengan hipotesis uji sebagai berikut.

$$H_0 : B_1 = B_2 = \dots = B_j = 0, \text{ vs}$$

$$H_1 : B_j \neq 0$$
 dan

$$H_0 : D_1 = D_2 = \dots = D_i = 0, \text{ vs}$$

$$H_1 : D_i \neq 0$$
4. Menghitung statistik uji F untuk menguji hipotesis

$$F = \frac{\frac{RSS_R - RSS_U}{m}}{\frac{RSS_U}{T-k}} \quad (2.27)$$

Keterangan:

RSS_R : jumlah kuadrat sisaan untuk *restricted regression*

RSS_U : jumlah kuadrat sisaan untuk *unrestricted regression*

m : banyak *time lag* yang tidak disertakan dalam *restricted regression*

T : banyak sampel amatan

k : banyak parameter yang diduga pada model *unrestricted regression*

Kriteria pengambilan keputusan dikatakan H_0 diterima apabila statistik uji $F < F_{(m,T,k)}$ atau ketika $p - \text{value} > \alpha$.

5. Ulangi langkah 1-4 untuk menguji hipotesis D_i pada persamaan (2.26)

Terdapat beberapa kemungkinan keputusan dari uji kausalitas *Granger*, yaitu:

1. Apabila $\sum_{j=1}^q B_j \neq 0$ dan $\sum_{i=1}^p D_i = 0$, artinya terdapat hubungan kausalitas satu arah dari $y_{1,t}$ terhadap $y_{2,t}$



2. Apabila $\sum_{j=1}^q B_j = 0$ dan $\sum_{i=1}^p D_i \neq 0$, artinya terdapat hubungan kausalitas satu arah dari $y_{2,t}$ terhadap $y_{1,t}$
3. Apabila $\sum_{j=1}^q B_j = 0$ dan $\sum_{i=1}^p D_i = 0$, artinya tidak terdapat hubungan kausalitas antara $y_{1,t}$ dan $y_{2,t}$
4. Apabila $\sum_{j=1}^q B_j \neq 0$ dan $\sum_{i=1}^p D_i \neq 0$, artinya terdapat hubungan kausalitas dua arah antara $y_{2,t}$ dan $y_{1,t}$.

2.6. Cross Correlation Function (CCF)

Menurut Wei (2006), *Cross Correlation Function* (CCF) digunakan untuk mengetahui arah korelasi antara dua variabel. Pada permasalahan deret waktu multivariat, matriks kovarian untuk *time lag* ke- k adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \Gamma(k) &= \text{cov}(y_t, y_{t+k}) = E((y_t - \mu)(y_{t+k} - \mu)') \\ &= E \begin{bmatrix} y_{1,t} - \mu_1 \\ y_{2,t} - \mu_2 \end{bmatrix} [y_{1,t+k} - \mu_1 \quad y_{2,t+k} - \mu_2] \\ &= \begin{bmatrix} \gamma_{11}(k) & \gamma_{12}(k) \\ \gamma_{21}(k) & \gamma_{22}(k) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \gamma_{ii}(k) & \gamma_{ij}(k) \\ \gamma_{ji}(k) & \gamma_{jj}(k) \end{bmatrix} = \text{cov}(y_{t-k}, y_t) \end{aligned} \quad (2.28)$$

untuk $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, m$. Untuk $i = j$, $\gamma_{ij}(k)$ adalah fungsi autokovarian dari $y_{i,t}$ dan $y_{j,t}$, apabila $i \neq j$, $\gamma_{ij}(k)$ adalah fungsi kovarian silang (*cross covariance function*) dari $y_{i,t}$ dan $y_{j,t}$. Matriks fungsi korelasi untuk vektor proses didefinisikan sebagai berikut.

$$\rho(k) = D^{-1/2} \Gamma(k) D^{-1/2} \quad (2.29)$$

di mana,

$$D = \text{diag}[\gamma_{11}(0), \gamma_{22}(0), \dots, \gamma_{mm}(0)] \quad (2.30)$$

Fungsi korelasi silang antara $y_{i,t}$ dan $y_{j,t}$ adalah sebagai berikut.

$$\rho_{ij}(k) = \frac{\gamma_{ij}(k)}{\sqrt{\gamma_{ii}(0)\gamma_{jj}(0)}} \quad (2.31)$$

dengan,

$$\gamma_{ii}(0) = \sqrt{\text{cov}(y_{i,t}, y_{i,t})} = \sqrt{\text{var}(y_{i,t})}$$

$$\gamma_{jj}(0) = \sqrt{\text{cov}(y_{j,t}, y_{j,t})} = \sqrt{\text{var}(y_{j,t})}$$

Untuk menguji apakah antara $y_{i,t}$ dan $y_{j,t}$ memiliki korelasi silang yaitu dengan membandingkan antara nilai $\rho_{i,j}(k)$ dengan batas $\pm \frac{2}{\sqrt{T-k}}$. Apabila korelasi silang signifikan pada lag positif dan negatif



maka dapat dikatakan bahwa $y_{i,t}$ dan $y_{j,t}$ memiliki hubungan dua arah. Namun, apabila korelasi silang signifikan hanya pada *lag* positif atau negatif saja maka dapat dikatakan bahwa $y_{i,t}$ dan $y_{j,t}$ memiliki hubungan satu arah.

2.7. Bobot Respon Impuls

Bobot respon impuls dapat digunakan untuk mengidentifikasi orde s dari VARIMAX (p, d, q) (b, s) . Menurut Wei (2006), bobot respon impuls dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$v_k = \frac{S_y}{S_x} \rho_{xy}(k), k = 0, 1, 2, \dots \tag{2.32}$$

di mana S_y merupakan simpangan baku dari variabel endogen, S_x merupakan simpangan baku dari variabel eksogen dan $\rho_{xy}(k)$ merupakan korelasi silang antara X dan Y . Bobot respon impuls yang signifikan merupakan bobot respon impuls yang memiliki nilai lebih dari batas $\pm \frac{1}{\sqrt{T-k}}$.

Penentuan orde b, r, s menurut Wei (2006) dapat menggunakan beberapa pedoman seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.2. Bentuk dan Tipe Bobot Respon Impuls

b, r, s	Bentuk	Tipe bobot respon impuls
2,0,0	$v(B)x_t = \omega_0 x_{t-2}$	
2,0,1	$v(B)x_t = (\omega_0 - \omega_1 B)x_{t-2}$	
2,0,2	$v(B)x_t = (\omega_0 - \omega_1 B - \omega_1 B^2)x_{t-2}$	



b, r, s	Bentuk	Tipe bobot respon impuls
2,1,0	$v(B)x_t = \frac{\omega_0}{(1-\delta_1)} x_{t-2}$	
2,1,1	$v(B)x_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B)}{(1-\delta_1)} x_{t-2}$	
2,1,2	$v(B)x_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_1 B^2)}{(1-\delta_1)} x_{t-2}$	
2,2,0	$v(B)x_t = \frac{\omega_0}{(1-\delta_1 - \delta_2 B)} x_{t-2}$	
2,2,1	$v(B)x_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B)}{(1-\delta_1 - \delta_2 B)} x_{t-2}$	
2,2,2	$v(B)x_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_1 B^2)}{(1-\delta_1 - \delta_2 B)} x_{t-2}$	

Menurut Makridakis dkk (1999), arti orde b, r, s adalah sebagai berikut.

1. Nilai b menyatakan bahwa variabel endogen tidak dipengaruhi oleh variabel eksogen sampai pada periode $t + b$ atau $y_t = 0x_t + 0x_{t-1} + \dots + \omega_0 x_{t-b}$.
2. Nilai r menyatakan bahwa variabel endogen pada periode ke- t memiliki keterkaitan dengan nilai-nilai dari variabel tersebut di masa lalu.



3. Nilai s menyatakan seberapa lama variabel endogen secara terus-menerus dapat dipengaruhi oleh nilai baru dari variabel x_t atau y_t dipengaruhi oleh $x_{t-b} + x_{t-b-1} + \dots + x_{t-b-s}$. Terdapat petunjuk dalam menentukan orde b, r, s sebagai berikut.

1. Orde b ditentukan dari *lag* yang menunjukkan signifikan sampai *lag* waktu ke- b , korelasi silang tidak signifikan.
2. Orde s ditentukan dari *time lag* sebelumnya, korelasi silang tidak memperlihatkan suatu pola yang jelas.
3. Orde r *time lag* selanjutnya, korelasi silang memperlihatkan suatu pola yang jelas.

2.8. Metode Pendugaan Parameter *Full Information Maximum Likelihood* (FIML)

Menurut Maddala (1977) dalam Septiana dan Subekti (2013), metode FIML merupakan suatu metode pendugaan parameter dalam persamaan struktural di mana semua persamaan dalam model diperhitungkan secara bersama-sama dan ditaksir secara simultan dengan memperhatikan semua batasan dari persamaan lain dalam model. Dengan metode ini persamaan struktural pada model simultan tidak lagi dipandang secara terpisah-pisah. Metode FIML menaksir parameter dengan cara memaksimumkan fungsi kemungkinan (*likelihood function*) untuk semua parameter.

Menurut Koutsoyiannis (1977) dalam Basuki (2013), bentuk umum model persamaan simultan dari m persamaan struktural adalah:

$$Y\phi + X\gamma = U \quad (2.33)$$

Bentuk persamaan struktural dari persamaan (2.33) adalah sebagai berikut.

$$y_i = Y_i\phi_i + X_i\gamma_i + u_i \quad (2.34)$$

$$y_i = [Y_i \quad X_i] \begin{bmatrix} \phi_i \\ \gamma_i \end{bmatrix} + u_i$$

$$y_i = Z_i\alpha_i + u_i$$

$$u_i = y_i - Z_i\alpha_i \quad (2.35)$$

dengan,

$$Z_i = [Y_i \quad X_i] \text{ dan } \alpha_i = \begin{bmatrix} \phi_i \\ \gamma_i \end{bmatrix}$$

di mana,

y_i : variabel endogen pada persamaan ke- i berukuran $m \times 1$



Y_i : variabel endogen lain yang menjadi variabel penjelas pada persamaan ke- i berukuran $m \times m$

X_i : variabel eksogen yang terdapat pada persamaan ke- i berukuran $m \times n$

ϕ_i : parameter variabel endogen lain yang terdapat pada persamaan ke- i berukuran $m \times 1$

γ_i : parameter variabel eksogen yang terdapat pada persamaan ke- i berukuran $n \times 1$

u_i : vektor sisaan yang terdapat pada persamaan ke- i

Z_i : variabel-variabel yang terdapat dalam persamaan ke- i

α_i : parameter-parameter yang terdapat dalam persamaan ke- i

Persamaan (2.35) dapat ditulis untuk keseluruhan model sebagai berikut.

$$\mathbf{u} = \mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha} ; \mathbf{u} \sim N(0, \boldsymbol{\Sigma}) \quad (2.36)$$

Langkah-langkah pendugaan parameter menggunakan metode FIML adalah sebagai berikut.

- Menformulasikan fungsi kemungkinan (*likelihood function*) untuk variabel acak u dari seluruh persamaan struktural.

Fungsi kepadatan peluang dari \mathbf{u} untuk $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_m$ dengan mensubstitusikan persamaan (2.35) adalah sebagai berikut.

$$f(\mathbf{u}_1) = (2\pi|\boldsymbol{\Sigma}|)^{-1/2} \exp\left(-\frac{1}{2(\boldsymbol{\Sigma})}(\mathbf{y}_1 - \mathbf{Z}_1\boldsymbol{\alpha}_1)^2\right)$$

$$f(\mathbf{u}_2) = (2\pi|\boldsymbol{\Sigma}|)^{-1/2} \exp\left(-\frac{1}{2(\boldsymbol{\Sigma})}(\mathbf{y}_2 - \mathbf{Z}_2\boldsymbol{\alpha}_2)^2\right)$$

$$\vdots$$

$$f(\mathbf{u}_k) = (2\pi|\boldsymbol{\Sigma}|)^{-1/2} \exp\left(-\frac{1}{2(\boldsymbol{\Sigma})}(\mathbf{y}_M - \mathbf{Z}_M\boldsymbol{\alpha}_M)^2\right)$$

$$f(\mathbf{u}_k) = (2\pi)^{-1/2} |\boldsymbol{\Sigma}|^{-1/2} \exp\left(-\frac{1}{2}(\boldsymbol{\Sigma}^{-1})(\mathbf{u})^2\right) \quad (2.37)$$

- FIML diperoleh dengan memaksimumkan fungsi kemungkinan dari variabel endogen.

$$f(\mathbf{y}) = f(\mathbf{u}) \left| \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial \mathbf{y}} \right| = f(\mathbf{u}) |\boldsymbol{\phi}| \quad (2.38)$$

di mana, $\left| \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial \mathbf{y}} \right| = |\boldsymbol{\phi}|$

Persamaan (2.37) disubstitusikan ke persamaan (2.38) maka diperoleh:

$$f(\mathbf{y}) = (2\pi)^{-M/2} |\boldsymbol{\Sigma}|^{-1/2} \exp\left(-\frac{1}{2}(\boldsymbol{\Sigma}^{-1})(\mathbf{u})^2 \left| \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial \mathbf{y}} \right| \right)$$

$$f(\mathbf{y}) = (2\pi)^{-M/2} |\boldsymbol{\Sigma}|^{-1/2} |\boldsymbol{\phi}| \exp\left(-\frac{1}{2}(\boldsymbol{\Sigma}^{-1})(\mathbf{u})^2\right)$$

Fungsi kemungkinan dari T amatan adalah sebagai berikut.



$$L(\mathbf{y}) \equiv \prod_{i=1}^T \left((2\pi)^{-\frac{M}{2}} |\boldsymbol{\Sigma}|^{-\frac{1}{2}} |\boldsymbol{\phi}| \exp \left(-\frac{1}{2} (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} (\mathbf{u})^2 \right) \right)$$

$$L(\mathbf{y}) = (2\pi)^{-\frac{MT}{2}} |\boldsymbol{\Sigma}|^{-\frac{T}{2}} |\boldsymbol{\phi}|^T \exp \left(-\frac{1}{2} (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} \sum_{i=1}^T (\mathbf{u}_i)^2 \right)$$

$$L(\mathbf{y}) = (2\pi)^{-\frac{MT}{2}} |\boldsymbol{\Sigma}|^{-\frac{T}{2}} |\boldsymbol{\phi}|^T \exp \left(-\frac{1}{2} (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} (\mathbf{u}'\mathbf{u}) \right)$$

$$L(\mathbf{y}) \equiv (2\pi)^{-\frac{MT}{2}} |\boldsymbol{\Sigma}|^{-\frac{T}{2}} |\boldsymbol{\phi}|^T \exp \left(-\frac{1}{2} \mathbf{u}' (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} \mathbf{u} \right)$$

$$L(\mathbf{y}) = (2\pi)^{-\frac{MT}{2}} |\boldsymbol{\Sigma}|^{-\frac{T}{2}} |\boldsymbol{\phi}|^T \exp \left(-\frac{1}{2} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha})' (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha}) \right) \quad (2.39)$$

Untuk memudahkan perhitungan, maka digunakan logaritma natural untuk menghitung fungsi $L(\mathbf{y})$.

$$\ln L(\mathbf{y}) = -\frac{MT}{2} \ln(2\pi) - \frac{T}{2} \ln |\boldsymbol{\Sigma}| + T |\boldsymbol{\phi}| - \frac{1}{2} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha})' (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha}) \quad (2.40)$$

• Memaksimumkan fungsi kemungkinan dengan menurunkan fungsi *likelihood* terhadap parameter struktural.

$$\frac{\partial \ln L(\mathbf{y})}{\partial \boldsymbol{\alpha}} = \frac{\partial \left(-\frac{MT}{2} \ln(2\pi) - \frac{T}{2} \ln |\boldsymbol{\Sigma}| + T |\boldsymbol{\phi}| - \frac{1}{2} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha})' (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha}) \right)}{\partial \boldsymbol{\alpha}}$$

$$= -\frac{1}{2} (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} (-2 \mathbf{Z}' \mathbf{y} + 2 \mathbf{Z}' \boldsymbol{\alpha})$$

$$= -(\boldsymbol{\Sigma})^{-1} (-\mathbf{Z}' \mathbf{y} + \mathbf{Z}' \boldsymbol{\alpha}) \quad (2.41)$$

$$\frac{\partial \ln L(\mathbf{y})}{\partial \boldsymbol{\Sigma}} = \frac{\partial \left(-\frac{MT}{2} \ln(2\pi) - \frac{T}{2} \ln |\boldsymbol{\Sigma}| + T |\boldsymbol{\phi}| - \frac{1}{2} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha})' (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha}) \right)}{\partial \boldsymbol{\Sigma}}$$

$$= -\frac{T}{2} (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} + \frac{1}{2} (\boldsymbol{\Sigma})^{-2} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha})' (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha}) \quad (2.42)$$

• Turunan parsial dari fungsi *likelihood* disamadengankan nol untuk memperoleh penduga parameter yang memaksimumkan fungsi *likelihood*.

$$-(\boldsymbol{\Sigma})^{-1} (-\mathbf{Z}' \mathbf{y} + \mathbf{Z}' \boldsymbol{\alpha}) = 0$$

$$-\frac{T}{2} (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} + \frac{1}{2} (\boldsymbol{\Sigma})^{-2} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha})' (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha}) = 0 \quad (2.43)$$

dengan mengasumsikan bahwa \mathbf{Z} adalah matriks non-singular maka

$$(-\mathbf{Z}' \mathbf{y} + \mathbf{Z}' \boldsymbol{\alpha}) = 0$$

$$\mathbf{Z}' \boldsymbol{\alpha} = \mathbf{Z}' \mathbf{y}$$

$$(\mathbf{Z}' \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}' \boldsymbol{\alpha} = (\mathbf{Z}' \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}' \mathbf{y}$$

$$\boldsymbol{\alpha} = (\mathbf{Z}' \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}' \mathbf{y} \quad (2.44)$$

$$-\frac{T}{2} (\boldsymbol{\Sigma})^{-1} + \frac{1}{2} (\boldsymbol{\Sigma})^{-2} ((\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha})' (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha})) = 0$$

$$\boldsymbol{\Sigma} \mathbf{T} - (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha})' (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha}) = 0$$

$$\boldsymbol{\Sigma} = \frac{1}{T} (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha})' (\mathbf{y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha}) \quad (2.45)$$



Adapun pendugaan parameter pada model VARIMAX diperoleh dengan menggunakan metode FIML seperti persamaan (2.44) dan (2.45).

2.8.1. Uji Signifikansi Parameter

Uji signifikansi parameter dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon. Menurut Gujarati (2004), uji signifikansi parameter pada model dapat dilakukan dengan menggunakan uji t dengan hipotesis uji sebagai berikut.

Parameter variabel endogen:

$$H_0 : \phi_i = 0, \text{ vs}$$

$$H_1 : \phi_i \neq 0,$$

untuk $i = 1, 2, \dots, p - 1$

dengan statistik uji sebagai berikut.

$$t = \frac{\hat{\phi}_i}{se(\hat{\phi}_i)} \quad (2.46)$$

di mana $se(\hat{\phi}_i) = \sqrt{\frac{s_y^2}{T}}$ dan $s_y^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2}{T-1}$

Parameter variabel eksogen:

$$H_0 : \gamma_k = 0, \text{ vs}$$

$$H_1 : \gamma_k \neq 0,$$

untuk $k = 0, 1, 2, \dots, s$

dengan statistik uji sebagai berikut.

$$t = \frac{\hat{\gamma}_k}{se(\hat{\gamma}_k)} \quad (2.47)$$

di mana $se(\hat{\gamma}_k) = \sqrt{\frac{s_x^2}{T}}$ dan $s_x^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (x_t - \bar{x})^2}{T-1}$

Kriteria pengambilan keputusan dikatakan H_0 ditolak apabila nilai statistik uji $t > t_{\alpha/2, (T-b)}$ dengan T adalah banyak pengamatan dan b merupakan banyak parameter atau ketika $p - \text{value} < \alpha$ yang berarti variabel endogen atau variabel eksogen secara signifikan berpengaruh terhadap variabel endogen yang lain.

2.8.2. Uji Diagnostik Sisaan

Uji diagnostik sisaan model sangat penting dilakukan untuk mengetahui apakah asumsi yang mendasari model telah terpenuhi atau tidak. Terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi dalam



pemodelan VARIMAX, diantaranya yaitu asumsi *white noise* sisaan dan asumsi normal multivariat pada sisaan.

a. Asumsi *White Noise*

Menurut Tsay (2014), diagnostik model dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Portmanteau*, dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \Gamma(1) = \dots = \Gamma(m) = 0, \text{ vs}$$

$$H_1 : \Gamma(j) \neq 0; 1 \leq j \leq m$$

dengan statistik uji

$$Q_k(m) = T^2 \sum_{l=1}^m \frac{1}{(T-1)} \text{tr}(\hat{\Gamma}'(l) \hat{\Gamma}^{-1}(0) \hat{\Gamma}(l) \hat{\Gamma}^{-1}(0)) \quad (2.48)$$

dengan,

$$\hat{\Gamma}(l) = \frac{1}{T} \sum_{t=l+1}^T \mathbf{u}_t \mathbf{u}'_{t-l} \quad (2.49)$$

di mana,

$\hat{\Gamma}(l)$: matriks kovarian sisaan pada lag ke- l

m : lag maksimum

k : dimensi matriks $\hat{\Gamma}(l)$

T : banyak amatan

Kriteria pengambilan keputusan dikatakan H_0 diterima apabila statistik uji $Q_k(m) < \chi^2_{(M^2(m-p))}$ atau ketika $p\text{-value} > \alpha$ yang berarti sisaan bersifat *white noise* dan model layak untuk digunakan.

b. Asumsi Normal Multivariat

Uji asumsi normal multivariat pada sisaan dilakukan untuk mengetahui apakah sisaan menyebar normal atau tidak. Uji asumsi normal multivariat sisaan dapat dilakukan dengan menggunakan statistik uji *Jarque-Bera* dengan hipotesis uji sebagai berikut:

$$H_0 : \varepsilon_i \sim N(\mu, \sigma^2), \text{ vs}$$

$$H_1 : \varepsilon_i \not\sim N(\mu, \sigma^2)$$

Misal $\boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$ adalah sisaan model berukuran n yang memiliki dimensi $m \times 1$. Dimisalkan pula $\bar{\boldsymbol{\varepsilon}}$ dan \mathbf{S} merupakan vektor rata-rata sampel dan matriks varian kovarian sampel masing-masing yaitu:

$$\bar{\boldsymbol{\varepsilon}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \boldsymbol{\varepsilon}_j \quad (2.50)$$

dan

$$\mathbf{S} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\boldsymbol{\varepsilon}_j - \bar{\boldsymbol{\varepsilon}})^2 \quad (2.51)$$

Selanjutnya Mardia (1970) dalam Koizumi, dkk (2009) mendefinisikan *skewness* dan *kurtosis* multivariat sampel masing-masing sebagai berikut.



$$\mathbf{b}_{M,1} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \{(\boldsymbol{\varepsilon}_i - \bar{\boldsymbol{\varepsilon}})' \mathbf{S}^{-1} (\boldsymbol{\varepsilon}_j - \bar{\boldsymbol{\varepsilon}})\}^3 \quad (2.52)$$

$$\mathbf{b}_{M,2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(\boldsymbol{\varepsilon}_i - \bar{\boldsymbol{\varepsilon}})' \mathbf{S}^{-1} (\boldsymbol{\varepsilon}_i - \bar{\boldsymbol{\varepsilon}})\}^2 \quad (2.53)$$

di mana ukuran *skewness* dan *kurtosis* multivariat sampel masing-masing dengan $Z_{M,1} = \frac{n}{6} \mathbf{b}_{M,1}$ berdistribusi χ^2 secara asimtotik dengan derajat bebas $f = \frac{m(m+1)(m+2)}{6}$ dan $Z_{M,2} =$

$\sqrt{\frac{n}{8m(m+2)}} (\mathbf{b}_{M,2} - m(m+1))$ berdistribusi χ^2 asimtotik $N(0,1)$.

Mardia (1970) dalam Koizumi, dkk (2009) menganggap statistik uji $Z_{M,1}$ dan $Z_{M,2}$, masing-masing dapat diubah menjadi persamaan berikut.

$$Z_{M,1}^* = \frac{n}{6} \mathbf{b}_{M,1} \frac{(m+1)(n+1)(n+3)}{n!(n+1)(m+1)-6} \quad (2.54)$$

berdistribusi χ_f^2 dan

$$Z_{M,2}^* = \frac{\sqrt{(n+3)(n+5)\{(\mathbf{b}_{M,2} - m(m+2)(n-1))\}}}{\sqrt{8m(m+2)(n-3)(n-m-1)(n-p+1)}} \quad (2.55)$$

berdistribusi χ_{f+1}^2 secara asimtotik.

Statistik uji *Jarque-Bera* multivariat dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$MJB_M^* = Z_{M,1}^* + Z_{M,2}^*{}^2$$

Kriteria pengambilan keputusan pada uji *Jarque-Bera* dilakukan dengan membandingkan nilai statistik uji *Jarque-Bera* multivariat MJB_M^* dengan χ_{f+1}^2 . Apabila $MJB_M^* \leq \chi_{f+1}^2$, maka H_0 diterima yang berarti bahwa sisaan model menyebar normal multivariat, begitu sebaliknya.

2.9. Tinjauan Non Statistika

2.9.1. Ekspor dan Impor

Dalam bidang ekonomi, ekspor dan impor merupakan dua hal yang saling berkaitan. Keduanya merupakan bagian dari bentuk perdagangan antar negara. Ekspor adalah kegiatan penjualan barang atau komoditas yang dihasilkan oleh suatu negara ke negara lain. Dalam pemahaman yang lebih mudah, ekspor dapat diartikan sebagai penjualan barang ke luar negeri. Menurut Sukirno (2008), faktor penting yang menentukan ekspor adalah kemampuan dari negara tersebut untuk mengeluarkan barang-barang yang dapat bersaing dalam pasaran luar negeri. Dalam perdagangan internasional, khususnya ekspor memiliki peran penting sebagai motor penggerak



perekonomian negara. Hal ini disebabkan karena kegiatan ekspor dapat menghasilkan devisa yang selanjutnya dapat digunakan sebagai biaya impor dan sebagai stimulus pembangunan didalam negeri.

Impor merupakan kebalikan dari ekspor. Impor adalah kegiatan pembelian barang atau komoditas dari luar negeri ke dalam negeri dengan memenuhi ketentuan yang berlaku pada kedua negara. Produk impor yang legal harus melalui izin bea cukai baik dari negara pengirim maupun penerima. Impor merupakan bagian penting dalam perdagangan internasional. Kegiatan impor dilakukan untuk memenuhi kebutuhan rakyat akan barang-barang dan komoditas yang tidak dapat dihasilkan oleh negara atau ketika negara sudah dapat menghasilkan tetapi belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan rakyat.

Ekspor neto adalah selisih dari total ekspor dan total impor suatu negara. Apabila nilai ekspor neto positif, artinya nilai ekspor lebih besar dari nilai impor, begitu sebaliknya (Case dan Fair, 2007). Ketika nilai impor lebih besar daripada nilai ekspor, maka cadangan devisa akan berkurang dan menyebabkan neraca perdagangan akan defisit. (Kementerian Perdagangan RI, 2014)

2.9.2. Kurs Rupiah

Menurut Todaro dkk (2006) nilai tukar adalah suatu tingkat, tarif, harga dimana Bank Sentral bersedia menukar mata uang dari suatu negara dengan mata uang dari negara-negara lain. Nilai tukar atau *exchange rate* merupakan harga suatu mata uang atas dasar mata uang yang lain. Semakin besar permintaan atas suatu mata uang atau semakin kecil penawarannya, maka semakin tinggi pula nilai tukarnya. Nilai tukar sebagai salah satu indikator yang mempengaruhi aktivitas di pasar modal maupun pasar uang karena investor cenderung akan berhati-hati melakukan investasi.

Sonia dan Setiawina (2016), menjelaskan bahwa dalam transaksi ekonomi dan keuangan internasional nilai tukar merupakan instrumen dari alat pembayaran yang digunakan dan juga merupakan acuan penentu dalam menentukan daya beli barang yang diperdagangkan. Fluktuasi nilai tukar berpengaruh terhadap produk yang diperdagangkan. Dalam kegiatan ekspor meningkatnya nilai tukar, dapat menurunkan harga barang yang diekspor dari suatu negara begitu pula sebaliknya. Dalam kegiatan impor meningkatnya nilai tukar dapat menaikkan harga barang impor.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Bank Indonesia (BI) dan Badan Pusat Statistik (BPS). Data tersebut antara lain data nilai ekspor dan impor bulanan dari bulan Januari 2009 sampai Maret 2021 yang diperoleh dari BPS, dan data Kurs Rupiah bulanan dari bulan Januari 2009 sampai Maret 2021 yang diperoleh dari BI. Berikut adalah variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian:

y_{1t} : Ekspor pada waktu ke- t

y_{2t} : Impor pada waktu ke- t

x_t : Kurs rupiah terhadap dollar Amerika pada waktu ke- t

3.2. Metode Analisis

Metode dan tahapan analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

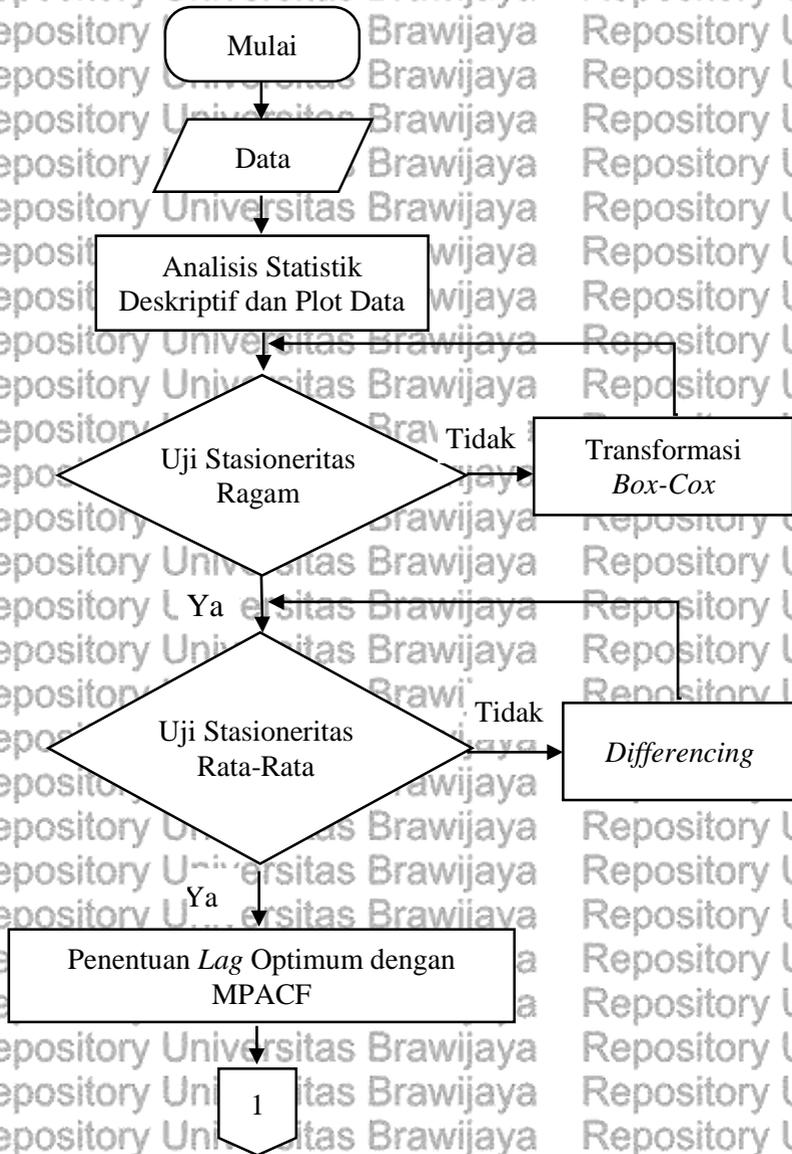
1. Membuat plot data deret waktu dan analisis statistik deskriptif untuk data ekspor, impor dan kurs rupiah terhadap dollar Amerika.
 - a. Melakukan uji stasioneritas ragam dengan menggunakan plot *likelihood* untuk masing-masing data pada beberapa nilai *lambda*. Apabila data tidak stasioner terhadap ragam, maka perlu dilakukan transformasi *Box-Cox* dengan rumus menurut persamaan (2.1).
 - b. Melakukan uji stasioneritas rata-rata dengan menggunakan uji akar unit *dickey fuller*. Apabila data tidak stasioner terhadap rata-rata maka perlu dilakukan *differencing* berdasarkan rumus persamaan (2.9).
2. Menentukan *lag* optimum dengan metode MPACF menurut persamaan (2.24) untuk selanjutnya *lag* optimum digunakan dalam uji kausalitas *granger*.
3. Melakukan uji kausalitas *granger* untuk mengetahui arah hubungan dari data ekspor dan impor dengan rumus menurut persamaan (2.27). Apabila hubungan yang terjadi merupakan hubungan dua arah maka dapat dilanjutkan dengan membentuk model VARMA. Namun, apabila hubungan yang terjadi



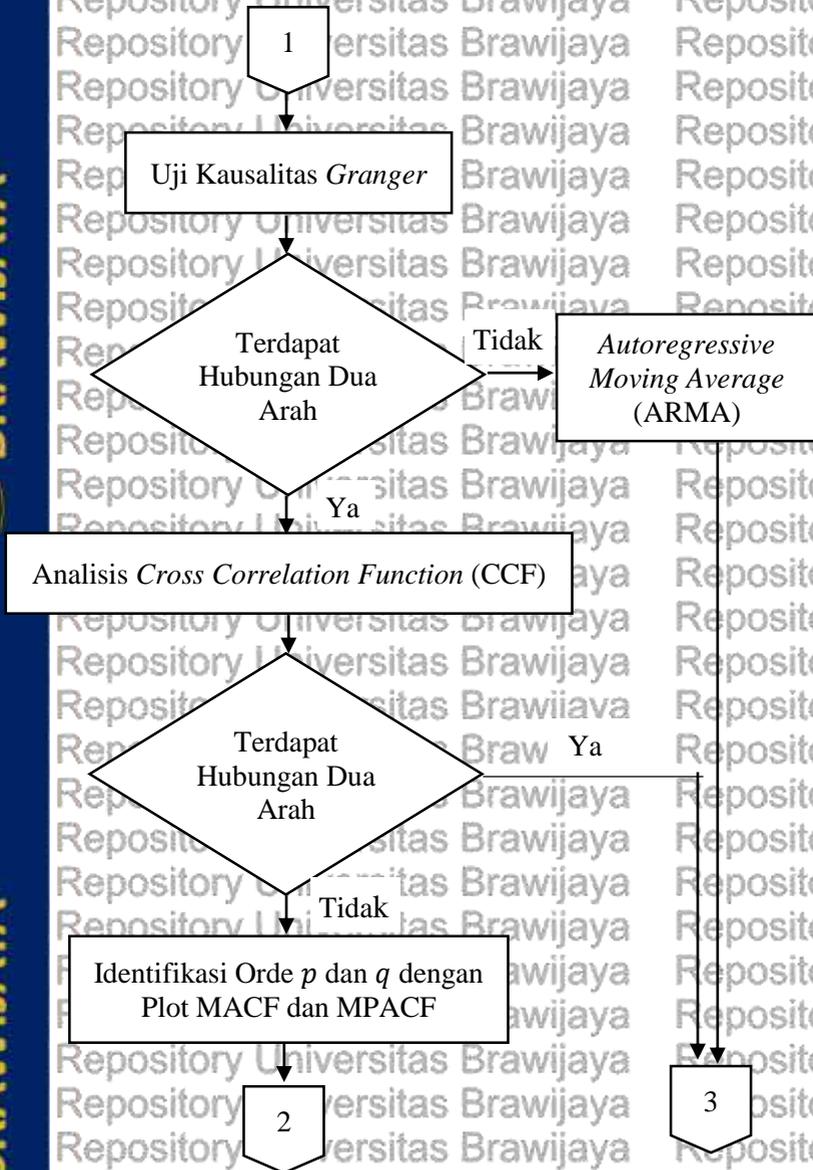
- merupakan hubungan satu arah maka dapat dilakukan pemodelan ARMA.
4. Melakukan analisis CCF untuk mengetahui arah hubungan antara variabel endogen dalam hal ini adalah ekspor dan impor dan variabel eksogen yaitu kurs rupiah terhadap dollar Amerika menurut rumus persamaan (2.31).
 5. Melakukan identifikasi orde model VARIMAX $(p,d,q)(b,s)$
 - a. Menentukan orde p dan q melalui plot MACF menurut persamaan (2.16) dan MPACF menurut persamaan (2.24) antara ekspor dan impor.
 - b. Menentukan orde b dan s dengan membuat grafik bobot respon *impuls* antara kurs rupiah dengan ekspor dan kurs rupiah dengan impor menurut persamaan (2.32).
 6. Melakukan pendugaan parameter menurut persamaan (2.44) dan (2.45) dan pengujian signifikansi parameter model VARIMAX $(p,d,q)(b,s)$ menurut persamaan (2.46) dan (2.47).
 7. Melakukan uji diagnostik sisaan yaitu uji asumsi *white noise* menurut persamaan (2.48) dan uji asumsi normal multivariat dengan statistik uji *Jarque-Bera* menurut persamaan (2.54) dan (2.55).
 8. Melakukan interpretasi dari model VARIMAX yang terbentuk. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *RStudio* dan SAS.



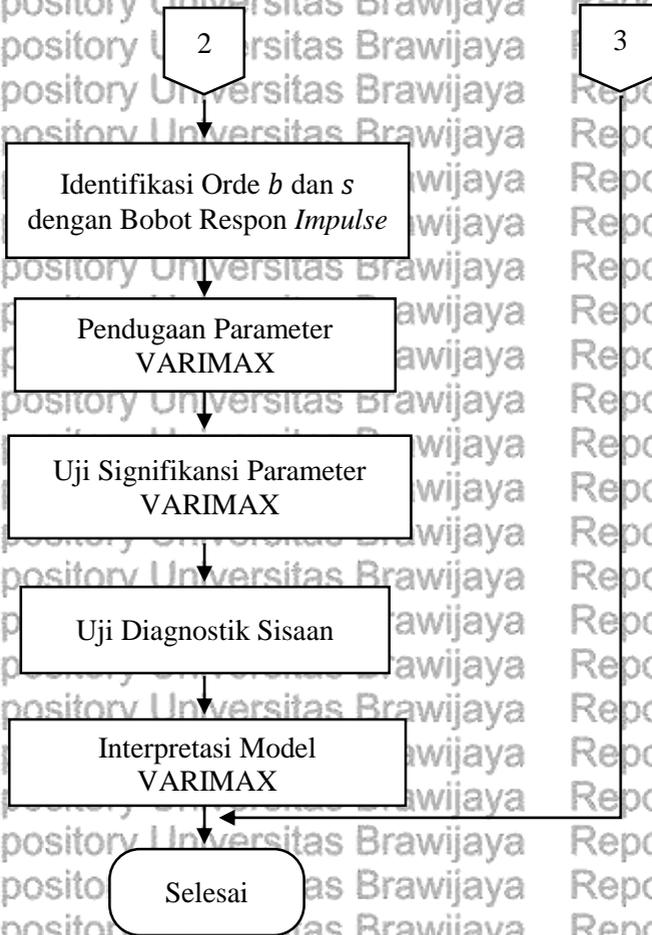
3.3. Diagram Alir



Gambar 3.1. Diagram Alir Tahap Pemodelan VARIMAX



Gambar 3.1. Diagram Alir Tahap Pemodelan VARIMAX
(Lanjutan)



Gambar 3.1. Diagram Alir Tahap Pemodelan VARIMAX
(Lanjutan)



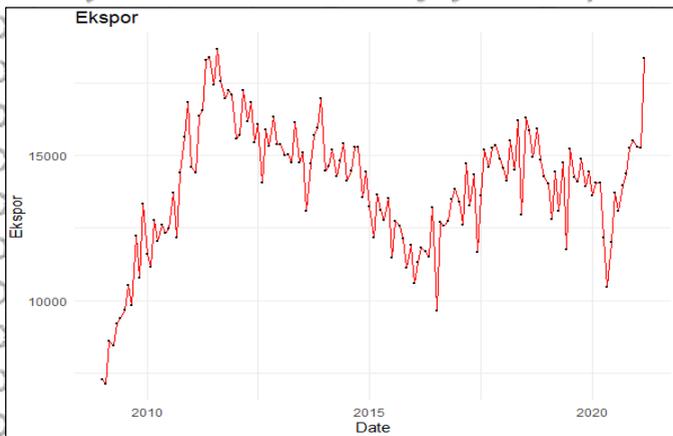
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Plot Data Deret Waktu

Plot data deret waktu digunakan untuk melihat gambaran umum dari perilaku suatu data deret waktu.

4.1.1. Ekspor

Secara umum, gambaran nilai ekspor bulanan Indonesia pada bulan Januari 2009 sampai bulan Maret 2021 dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Plot Data Nilai Ekspor

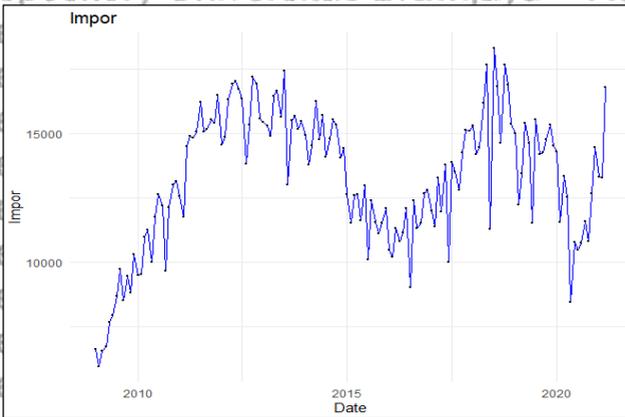
Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dijelaskan bahwa terdapat fluktuasi tiap bulannya pada data nilai ekspor. Selain itu dapat dilihat bahwa terdapat pola kecenderungan (*trend*) naik dan turun pada beberapa periode waktu, sehingga diduga data tersebut tidak stasioner terhadap rata-rata.

Setelah kenaikan yang cukup signifikan dari tahun 2009, ekspor Indonesia mencapai nilai tertinggi pada bulan Agustus 2011, kemudian mengalami penurunan dan mencapai titik nilai terendah pada bulan Juli 2016. Penurunan nilai ekspor yang cukup signifikan juga terjadi pada bulan Mei 2020, yang diduga salah satu penyebab turunnya nilai ekspor Indonesia pada saat itu adalah karena wabah *Covid-19*.



4.1.2. Impor

Gambaran nilai impor bulanan Indonesia pada bulan Januari 2009 sampai bulan Maret 2021 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



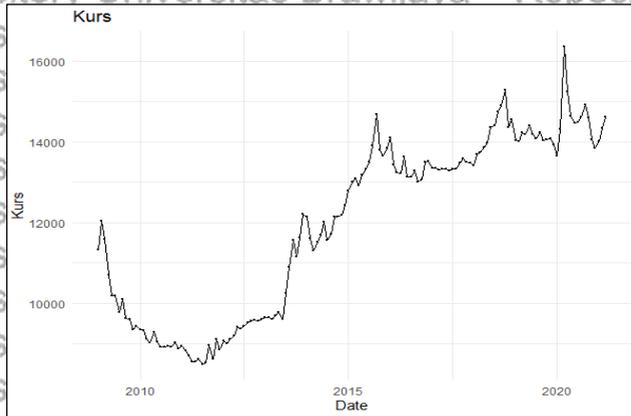
Gambar 04.2. Plot Data Nilai Impor

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dijelaskan bahwa terdapat fluktuasi tiap bulannya pada data nilai impor. Selain itu dapat dilihat bahwa terdapat pola kecenderungan (*trend*) naik dan turun pada beberapa periode waktu, sehingga diduga data tersebut tidak stasioner terhadap rata-rata.

Impor Indonesia memiliki nilai tertinggi pada bulan Juli 2018, kemudian mengalami penurunan yang cukup signifikan dan mencapai titik nilai terendah pada bulan Mei 2020. Berdasarkan analisa pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2, kedua data tersebut memiliki pola kecenderungan naik turun yang sama, dimana titik tertinggi sama-sama berada di sekitar tahun 2012 dan 2018, dan titik terendah di sekitar tahun 2016 dan 2020.

4.1.3. Kurs Rupiah

Gambaran kurs rupiah bulanan Indonesia pada bulan Januari 2009 sampai bulan Maret 2021 dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Plot Data Kurs Rupiah

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dijelaskan bahwa terdapat pola kecenderungan (*trend*) turun kurs rupiah pada periode Januari 2009 sampai Juli 2011, kemudian terjadi kecenderungan (*trend*) naik mulai Agustus 2011 sampai Maret 2021, sehingga diduga data tersebut tidak stasioner terhadap rata-rata.

Kurs rupiah dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan Maret 2020, dimana nilai kurs rupiah terhadap dollar mencapai 16000. Hal ini menandakan bahwa nilai rupiah sedang dalam titik terlemah. Apabila dianalisis lebih lanjut, pada bulan Maret 2020 terjadi kasus pertama positif Covid-19 di Indonesia. Hal ini cukup berpengaruh melemahnya kurs rupiah terhadap dollar.

4.2. Uji Stasioneritas Data Deret Waktu

Asumsi stasioneritas data sangat penting dalam analisis data deret waktu. Stasioneritas adalah suatu keadaan ketika data deret waktu berfluktuasi dengan ragam konstan dan di sekitar rata-rata yang konstan. Uji stasioneritas deret waktu yang dilakukan yaitu uji stasioneritas terhadap ragam dan uji stasioneritas terhadap rata-rata.

4.2.1. Uji Stasioneritas Terhadap Ragam

Uji stasioneritas terhadap ragam dilakukan dengan menggunakan plot *likelihood* pada beberapa nilai λ .

1. Ekspor

Uji stasioneritas ragam pada nilai ekspor dapat dilihat pada Lampiran 3 yang diringkas pada Tabel 4.1 berikut.



Tabel 04.1. Uji Stasioneritas Ragam Variabel Ekspor

Data		Nilai λ	Kesimpulan
Sebelum Transformasi	y_{1t}	2	Tidak Stasioner
Setelah Transformasi	\hat{y}_{1t}	1	Stasioner

Berdasarkan Tabel 4.1 fungsi *log likelihood* maksimum berada pada nilai *lambda* sebesar 2, sehingga dapat disimpulkan bahwa data nilai ekspor belum stasioner terhadap ragam. Oleh karena itu, perlu dilakukan transformasi *Box-Cox* dengan $\lambda = 2$. Setelah dilakukan transformasi *Box-Cox*, fungsi *log likelihood* maksimum pada data nilai ekspor berada pada nilai *lambda* sebesar 1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data nilai ekspor telah stasioner terhadap ragam. Data hasil transformasi *Box-Cox* disajikan pada lampiran 2.

2. Impor

Uji stasioneritas ragam pada nilai impor dapat dilihat pada lampiran 3 yang diringkas pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 04.2. Uji Stasioneritas Ragam Variabel Impor

Data		Nilai λ	Kesimpulan
Sebelum Transformasi	y_{2t}	2	Tidak Stasioner
Setelah Transformasi	\hat{y}_{2t}	1	Stasioner

Berdasarkan Tabel 4.2 fungsi *log likelihood* maksimum berada pada nilai *lambda* sebesar 2, sehingga dapat disimpulkan bahwa data nilai impor belum stasioner terhadap ragam. Oleh karena itu, perlu dilakukan transformasi *Box-Cox* dengan $\lambda = 2$. Setelah dilakukan transformasi *Box-Cox*, fungsi *log likelihood* maksimum pada data nilai impor berada pada nilai *lambda* sebesar 1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data nilai impor telah stasioner terhadap ragam. Data hasil transformasi *Box-Cox* disajikan pada lampiran 2.



3. Kurs Rupiah

Uji stasioneritas ragam pada kurs rupiah dapat dilihat pada lampiran 3 yang diringkas pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 04.3. Uji Stasioneritas Ragam Variabel Kurs Rupiah

Data		Nilai <i>Lambda</i> (λ)	Kesimpulan
Sebelum Transformasi	x_t	1.5	Tidak Stasioner
Setelah Transformasi	\hat{x}_t	1	Stasioner

Berdasarkan Tabel 4.3 fungsi *log likelihood* maksimum berada pada nilai *lambda* sebesar 1.5, sehingga dapat disimpulkan bahwa data kurs rupiah belum stasioner terhadap ragam. Oleh karena itu, perlu dilakukan transformasi *Box-Cox* dengan $\lambda = 1.5$. Setelah dilakukan transformasi *Box-Cox*, fungsi *log likelihood* maksimum pada data kurs rupiah berada pada nilai *lambda* sebesar 1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data kurs rupiah telah stasioner terhadap ragam. Data hasil transformasi *Box-Cox* disajikan pada lampiran 2.

4.2.2. Uji Stasioneritas Terhadap Rata-Rata

Uji stasioneritas terhadap ragam dilakukan dengan menggunakan uji akar unit *Dickey Fuller* pada data deret waktu yang telah stasioner terhadap ragam.

1. Ekspor

Hasil uji stasioneritas rata-rata pada nilai ekspor dapat dilihat pada lampiran 4 yang diringkas pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 04.4. Uji Stasioneritas Rata-Rata Variabel Ekspor

Data	Nilai DF	<i>p-value</i>	Kesimpulan	
Sebelum Pembedaan	y_{1t}	-2.75	0.26	Tidak Stasioner
Setelah Pembedaan	∇y_{1t}	-11.23	<0.01	Stasioner

Berdasarkan hasil uji akar unit *dickey fuller* yang disajikan pada Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa pada data \hat{y}_{1t} , *p-value* yang



dihasilkan bernilai 0.26 dan lebih besar dari 0.05. Oleh karena itu keputusan yang diambil yaitu H_0 diterima dan disimpulkan bahwa data nilai ekspor hasil transformasi *Box-Cox* tidak stasioner terhadap rata-rata. Namun setelah dilakukan pembedaan sebanyak satu kali, p -value yang dihasilkan bernilai kurang dari 0.01 dan lebih kecil dari taraf nyata 5%. Oleh karena itu keputusan yang diambil yaitu H_0 ditolak dan disimpulkan bahwa data nilai ekspor hasil transformasi *Box-Cox* dengan pembedaan satu kali telah stasioner terhadap rata-rata.

2. Impor

Hasil uji stasioneritas rata-rata pada nilai ekspor dapat dilihat pada lampiran 4 yang diringkaskan pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 04.5. Uji Stasioneritas Rata-Rata Variabel Impor

Data		Nilai DF	p -value	Kesimpulan
Sebelum Pembedaan	\hat{y}_{2t}	-3.14	0.102	Tidak Stasioner
Setelah Pembedaan	$\nabla \hat{y}_{2t}$	-15.19	<0.01	Stasioner

Berdasarkan hasil uji akar unit *dickey fuller* yang disajikan pada Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa pada data \hat{y}_{2t} , p -value yang dihasilkan bernilai 0.102 dan lebih besar dari 0.05. Oleh karena itu keputusan yang diambil yaitu H_0 diterima dan disimpulkan bahwa data nilai impor hasil transformasi *Box-Cox* tidak stasioner terhadap rata-rata. Namun setelah dilakukan pembedaan sebanyak satu kali, p -value yang dihasilkan bernilai kurang dari 0.01 dan lebih kecil dari taraf nyata 5%. Oleh karena itu keputusan yang diambil yaitu H_0 ditolak dan disimpulkan bahwa data nilai impor hasil transformasi *Box-Cox* dengan pembedaan satu kali telah stasioner terhadap rata-rata.

3. Kurs Rupiah

Hasil uji stasioneritas rata-rata pada nilai ekspor dapat dilihat pada lampiran 4 yang diringkaskan pada Tabel 4.6 berikut.



Tabel 04.6. Uji Stasioneritas Rata-Rata Variabel Kurs Rupiah

Data	Nilai DF	p -value	Kesimpulan	
Sebelum Pembedaan	\hat{x}_t	-3.98	0.012	Tidak Stasioner
Setelah Pembedaan	$\nabla \hat{x}_t$	-10.28	<0.01	Stasioner

Berdasarkan hasil uji akar unit *dickey fuller* yang disajikan pada Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa pada data \hat{x}_t , p -value yang dihasilkan bernilai 0.012 dan lebih kecil dari 0.05. Oleh karena itu keputusan yang diambil yaitu H_0 ditolak dan disimpulkan bahwa data kurs rupiah hasil transformasi *Box-Cox* stasioner terhadap rata-rata. Akan tetapi, apabila ditinjau dari plot data deret waktu, masih terdapat pola kecenderungan (*trend*) turun dan naik pada data, begitu pula apabila ditinjau dari plot ACF, dimana grafik turun secara eksponensial dan semua *lag* berada di luar selang. Oleh karena itu, tetap dilakukan pembedaan pada data kurs rupiah hasil transformasi *Box-Cox*. Setelah dilakukan pembedaan sebanyak satu kali, p -value yang dihasilkan bernilai kurang dari 0.01 dan lebih kecil dari taraf nyata 5%. Sehingga keputusan yang diambil yaitu H_0 ditolak dan disimpulkan bahwa data kurs rupiah hasil transformasi *Box-Cox* dengan pembedaan satu kali telah stasioner terhadap rata-rata.

4.3. Uji Kausalitas Granger

Uji kausalitas *granger* dilakukan untuk mengetahui hubungan antar variabel endogen. Hasil uji kausalitas granger antara nilai ekspor dan impor dapat dilihat pada lampiran 5 yang diringkas pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.7. Uji Kausalitas Granger

Model	F Hitung	p -value	Keputusan
Impor terhadap Ekspor	3.26	0.04	H_0 ditolak
Ekspor terhadap Impor	6.58	0.0019	H_0 ditolak

Berdasarkan Tabel 4.7, dapat diketahui bahwa model 1 yaitu data ekspor dengan variabel bebas impor memiliki nilai F hitung sebesar 3.26 dengan p -value sebesar 0.04, dimana nilai tersebut kurang dari



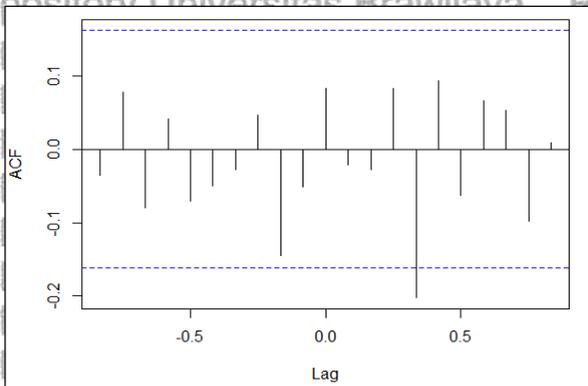
taraf nyata 0.05 dan model 2 yaitu data impor dengan variabel bebas ekspor memiliki nilai F hitung sebesar 6.58 dengan p -value sebesar 0.0019 yang juga bernilai kurang dari taraf nyata 0.05. Oleh karena itu, keputusan yang diambil dari kedua model yaitu H_0 ditolak yang berarti nilai impor hasil transformasi *Box-Cox* dengan pembedaan satu kali (∇y_{2t}) mempengaruhi nilai ekspor hasil transformasi *Box-Cox* dengan pembedaan satu kali (∇y_{1t}) dan ∇y_{1t} mempengaruhi ∇y_{2t} . Karena saling mempengaruhi, maka kedua variabel tersebut dikatakan memiliki hubungan dua arah.

4.4. Cross Correlation Function (CCF)

Analisis CCF dilakukan untuk mengetahui hubungan kausalitas antara variabel endogen dan variabel eksogen. Apabila plot CCF signifikan pada *lag* positif atau *lag* negatif maka dapat dikatakan bahwa terdapat hubungan satu arah antara kedua variabel tersebut.

1. Kurs Rupiah dan Nilai Ekspor

Hasil plot CCF antara kurs rupiah dan nilai ekspor dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.

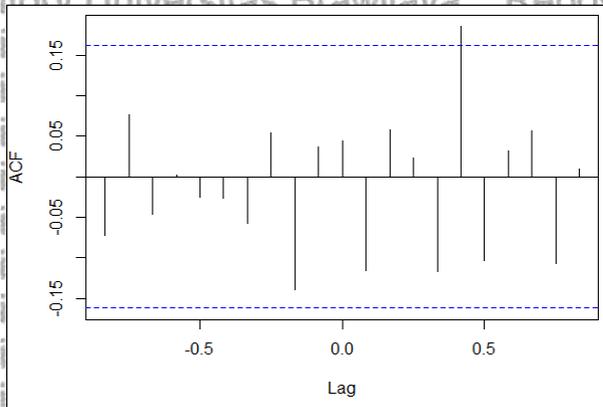


Gambar 04.4. Plot CCF Kurs Rupiah dengan Nilai Ekspor

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa terdapat *lag* yang signifikan pada *lag* positif, dan tidak terdapat satupun *lag* yang signifikan pada *lag* negatif. Hal tersebut berarti bahwa variabel kurs rupiah dan nilai ekspor memiliki hubungan satu arah.

2. Kurs Rupiah dan Nilai Impor

Hasil plot CCF anantara kurs rupiah dan nilai ekspor dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 04.5. Plot CCF Kurs Rupiah dengan Nilai Impor

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa terdapat *lag* yang signifikan pada *lag* positif, dan tidak terdapat satupun *lag* yang signifikan pada *lag* negatif. Hal tersebut berarti bahwa variabel kurs rupiah dan nilai impor memiliki hubungan satu arah.

4.5. Identifikasi Orde Model VARIMAX (p, d, q) (b, s)

Identifikasi orde model VARIMAX (p, d, q) (b, s) meliputi dua tahap sebagai berikut.

1. Identifikasi orde VARIMA (p, d, q)

Identifikasi orde VARIMA (p, d, q) dapat dilakukan dengan menggunakan skema MACF dan MPACF. Secara lengkap, skema MACF dan MPACF data nilai ekspor dan impor dapat dilihat pada Lampiran 6 dan diringkas pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 berikut.

Tabel 04.8. Skema MACF

Variabel	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ekspor	++	--	+
Impor	++	--	.	+	+

Skema MACF digunakan untuk mengidentifikasi orde q . Berdasarkan skema MACF pada tabel 4.8, diketahui bahwa *lag* yang signifikan pada kedua variabel dimulai dari *lag* 0 dan *cut off* di *lag* 3, sehingga orde untuk VMA(q) adalah 3.

Tabel 04.9. Skema MPACF

Variabel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ekspor	+/-
Impor	..	+

Skema MPACF digunakan untuk mengidentifikasi orde p .

Berdasarkan skema MPACF pada tabel 4.9, diketahui bahwa lag yang signifikan yaitu lag 1 dan lag 2, sehingga orde untuk VAR(p) adalah

2. Identifikasi orde b dan s

Identifikasi orde b dan s dilakukan dengan menggunakan grafik bobot *respon impuls*. Grafik bobot *respon impuls* dalam hal ini ditunjukkan dengan grafik *cross correlation function* pada arah dimana terdapat lag yang signifikan. Berdasarkan grafik CCF pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 dapat dijelaskan bahwa orde $b = 4$ karena lag pertama yang signifikan pada kedua plot CCF adalah lag ke-4, orde $r = 0$ karena tidak ada pola yang terbentuk setelah lag signifikan pertama pada kedua grafik, dan orde $s = 0$, karena *cross correlation* signifikan pada lag ke-4 dan setelah lag tersebut tidak terdapat lag yang signifikan secara langsung. Sehingga orde (b, s) yang teridentifikasi adalah (4,0).

Jadi dapat disimpulkan bahwa model VARIMAX (p, d, q)(b, s) yang terbentuk adalah VARIMAX (2,1,3)(4,0) dengan persamaan sebagai berikut.

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \gamma_4 X_{t-4} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - \theta_3 u_{t-3} \quad (4.1)$$

$$\begin{bmatrix} \nabla \hat{y}_{1t} \\ \nabla \hat{y}_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{01} \\ \phi_{02} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11}^1 & \phi_{12}^1 \\ \phi_{21}^1 & \phi_{22}^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla \hat{y}_{1,t-1} \\ \nabla \hat{y}_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11}^2 & \phi_{12}^2 \\ \phi_{21}^2 & \phi_{22}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla \hat{y}_{1,t-2} \\ \nabla \hat{y}_{2,t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11}^4 \\ \gamma_{21}^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla x_{t-4} \\ \nabla x_{t-4} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{1,t} \\ u_{2,t} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \theta_{11}^1 & \theta_{12}^1 \\ \theta_{21}^1 & \theta_{22}^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,t-1} \\ u_{2,t-1} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \theta_{11}^2 & \theta_{12}^2 \\ \theta_{21}^2 & \theta_{22}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,t-2} \\ u_{2,t-2} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \theta_{11}^3 & \theta_{12}^3 \\ \theta_{21}^3 & \theta_{22}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,t-3} \\ u_{2,t-3} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$



4.6. Pendugaan dan Uji Signifikansi Parameter Model VARIMAX (p,d,q)(b,s)

Setelah dilakukan identifikasi model, didapatkan model yang terbentuk VARIMAX (2,1,3)(4,0). Selanjutnya dilakukan pendugaan parameter model dan uji signifikansi parameter model. Hasil pendugaan dan uji signifikansi parameter model secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 7 dan disajikan secara singkat pada Tabel 4.10.

Tabel 04.10. Hasil Pendugaan dan Uji Signifikansi Parameter Model VARIMAX (2,1,3)(4,0)

Model	Variabel	Pendugaan Parameter	<i>p-value</i>	Keputusan	R^2
$\nabla \hat{y}_{1t}$	c	1023557.51			0.38
	$\nabla \hat{y}_{1,t-1}$	-1.466	0.0001***	Tolak H_0	
	$\nabla \hat{y}_{2,t-1}$	-0.042	0.8290	Terima H_0	
	$\nabla \hat{y}_{1,t-2}$	-0.318	0.4567	Terima H_0	
	$\nabla \hat{y}_{2,t-2}$	-0.263	0.2829	Terima H_0	
	$\nabla \hat{x}_{t-4}$	-0.580	0.9492	Terima H_0	
	$u_{1,t-1}$	-1.084	0.0033***	Tolak H_0	
	$u_{2,t-1}$	-0.029	0.8988	Terima H_0	
	$u_{1,t-2}$	0.128	0.7208	Terima H_0	
	$u_{2,t-2}$	0.040	0.8820	Terima H_0	
$\nabla \hat{y}_{2t}$	c	214741.30			0.49
	$\nabla \hat{y}_{1,t-1}$	0.925	0.1434	Terima H_0	
	$\nabla \hat{y}_{2,t-1}$	-1.449	0.0001***	Tolak H_0	
	$\nabla \hat{y}_{1,t-2}$	1.584	0.0161**	Tolak H_0	
	$\nabla \hat{y}_{2,t-2}$	-1.343	0.0004***	Tolak H_0	
	$\nabla \hat{x}_{t-4}$	-30.244	0.1625	Terima H_0	
	$u_{1,t-1}$	0.765	0.2370	Terima H_0	
	$u_{2,t-1}$	-0.883	0.0134**	Tolak H_0	
	$u_{1,t-2}$	0.727	0.0908*	Tolak H_0	
	$u_{2,t-2}$	-0.213	0.4737	Terima H_0	
	$u_{1,t-3}$	-0.925	0.0059***	Tolak H_0	



Model	Variabel	Pendugaan Parameter	<i>p-value</i>	Keputusan	R^2
	$u_{2,t-3}$	0.690	0.0052***	Tolak H_0	

Keterangan:

* : Signifikansi pada $\alpha = 10\%$

** : Signifikansi pada $\alpha = 5\%$

*** : Signifikansi pada $\alpha = 1\%$

Berdasarkan Tabel 4.10 diperoleh model VARIMAX (2,1,3)(4,0) sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \nabla \hat{y}_{1t} \\ \nabla \hat{y}_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1023557.51 \\ 214741.30 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1.466 & -0.042 \\ 0.925 & -1.449 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla \hat{y}_{1,t-1} \\ \nabla \hat{y}_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.318 & -0.263 \\ 1.584 & -1.343 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla \hat{y}_{1,t-2} \\ \nabla \hat{y}_{2,t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.580 \\ -30.244 \end{bmatrix} [\nabla \hat{x}_{t-4}] + \begin{bmatrix} u_{1,t} \\ u_{2,t} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1.084 & -0.029 \\ 0.765 & -0.883 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,t-1} \\ u_{2,t-1} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.128 & 0.040 \\ 0.727 & -0.213 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,t-2} \\ u_{2,t-2} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -0.039 & 0.361 \\ -0.925 & 0.690 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{1,t-3} \\ u_{2,t-3} \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

$$1. \nabla \hat{y}_{1t} = 1023557.51 - 1.466 \nabla \hat{y}_{1,t-1} - 0.042 \nabla \hat{y}_{2,t-1} - 0.318 \nabla \hat{y}_{1,t-2} - 0.263 \nabla \hat{y}_{2,t-2} - 0.580 \nabla \hat{x}_{t-4} + u_{1,t} + 1.084 u_{1,t-1} + 0.029 u_{2,t-1} - 0.128 u_{1,t-2} - 0.040 u_{2,t-2} + 0.03865 u_{1,t-3} - 0.361 u_{2,t-3} \quad (4.4)$$

Berdasarkan persamaan (4.4), maka dapat dijelaskan bahwa: Rata-rata pertumbuhan nilai ekspor pada bulan ke- t . ketika tidak dipengaruhi oleh pertumbuhan ekspor dan pertumbuhan impor pada bulan sebelumnya adalah sebesar \$1011.71juta.

Apabila pertumbuhan ekspor pada bulan sebelumnya mengalami kenaikan sebesar \$1juta maka pertumbuhan nilai ekspor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$1.466juta.

Apabila terjadi kenaikan pertumbuhan nilai impor pada bulan sebelumnya sebesar \$1juta maka pertumbuhan nilai ekspor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$0.042juta.

Apabila pertumbuhan ekspor pada dua bulan sebelumnya mengalami kenaikan sebesar \$1juta maka pertumbuhan nilai



ekspor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$0.318juta.

- Apabila terjadi kenaikan pertumbuhan nilai impor pada dua bulan sebelumnya sebesar \$1juta maka pertumbuhan nilai ekspor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$0.263juta.
- Apabila perubahan kurs rupiah pada empat bulan sebelumnya mengalami apresiasi (kenaikan) sebesar Rp.1 maka pertumbuhan nilai ekspor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$0.580juta.
- Apabila terjadi perubahan sisaan pertumbuhan ekspor sebesar \$1juta pada satu bulan sebelumnya, maka pertumbuhan ekspor pada bulan ke- t akan mengalami kenaikan sebesar \$1.084juta.
- Apabila sisaan pertumbuhan impor berubah sebesar \$1juta pada satu bulan sebelumnya, maka pertumbuhan ekspor pada bulan ke- t akan mengalami kenaikan sebesar \$0.029juta.
- Apabila terjadi perubahan sisaan pertumbuhan ekspor sebesar \$1juta pada dua bulan sebelumnya, maka pertumbuhan ekspor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$0.128juta.
- Apabila sisaan pertumbuhan impor berubah sebesar \$1juta pada dua bulan sebelumnya, maka pertumbuhan ekspor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$0.040juta.
- Apabila terjadi perubahan sisaan pertumbuhan ekspor sebesar \$1juta pada tiga bulan sebelumnya, maka pertumbuhan ekspor pada bulan ke- t akan mengalami kenaikan sebesar \$0.039juta.
- Apabila sisaan pertumbuhan impor berubah sebesar \$1juta pada tiga bulan sebelumnya, maka pertumbuhan ekspor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$0.361juta.
- Nilai R^2 pada model ekspor adalah sebesar 38%, yang berarti bahwa besarnya pertumbuhan nilai ekspor dapat dijelaskan dengan model sebesar 38%, sedangkan 62% lainnya dijelaskan oleh variabel lain diluar penelitian ini.

$$\begin{aligned}
 2. \quad \nabla \hat{y}_{2t} = & 214741.30 + 0.925\nabla \hat{y}_{1,t-1} - 1.449\nabla \hat{y}_{2,t-1} + \\
 & 1.584\nabla \hat{y}_{1,t-2} - 1.343\nabla \hat{y}_{2,t-2} - 30.244\nabla \hat{x}_{t-4} + u_{2,t} - \\
 & 0.765u_{1,t-1} + 0.883u_{2,t-1} - 0.727u_{1,t-2} + 0.213u_{2,t-2} + \\
 & 0.925u_{1,t-3} - 0.690u_{2,t-3} \quad (4.5)
 \end{aligned}$$



Berdasarkan persamaan (4.5), maka dapat dijelaskan bahwa:

- Rata-rata pertumbuhan nilai impor pada bulan ke- t ketika tidak dipengaruhi oleh pertumbuhan ekspor dan pertumbuhan impor pada waktu sebelumnya adalah sebesar \$463.40juta.
- Apabila pertumbuhan ekspor pada bulan sebelumnya mengalami kenaikan sebesar \$1juta maka pertumbuhan nilai impor pada bulan ke- t akan mengalami kenaikan sebesar \$0.925juta.
- Apabila terjadi kenaikan pertumbuhan nilai impor pada bulan sebelumnya sebesar \$1juta maka pertumbuhan nilai impor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$1.45juta.
- Apabila pertumbuhan ekspor pada dua bulan sebelumnya mengalami kenaikan sebesar \$1juta maka pertumbuhan nilai impor pada bulan ke- t akan mengalami kenaikan sebesar \$1.58juta.
- Apabila terjadi kenaikan pertumbuhan nilai impor pada dua bulan sebelumnya sebesar \$1juta maka pertumbuhan nilai impor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$1.34juta.
- Apabila perubahan kurs rupiah pada empat bulan sebelumnya mengalami apresiasi (kenaikan) sebesar Rp. 1 maka pertumbuhan nilai impor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$30.244juta.
- Apabila terjadi perubahan sisaan pertumbuhan ekspor sebesar \$1juta pada satu bulan sebelumnya, maka pertumbuhan impor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$0.765juta.
- Apabila sisaan pertumbuhan impor berubah sebesar \$1juta pada satu bulan sebelumnya, maka pertumbuhan impor pada bulan ke- t akan mengalami kenaikan sebesar \$0.883juta.
- Apabila terjadi perubahan sisaan pertumbuhan ekspor sebesar \$1juta pada dua bulan sebelumnya, maka pertumbuhan impor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$0.727juta.
- Apabila sisaan pertumbuhan impor berubah sebesar \$1juta pada dua bulan sebelumnya, maka pertumbuhan impor pada bulan ke- t akan mengalami kenaikan sebesar \$0.213juta.
- Apabila terjadi perubahan sisaan pertumbuhan ekspor sebesar \$1juta pada tiga bulan sebelumnya, maka pertumbuhan impor pada bulan ke- t akan mengalami kenaikan sebesar \$0.925juta.



- Apabila sisaan pertumbuhan impor berubah sebesar \$1 juta pada tiga bulan sebelumnya, maka pertumbuhan impor pada bulan ke- t akan mengalami penurunan sebesar \$0.69 juta.
- Nilai R^2 pada model impor adalah sebesar 49%, yang berarti bahwa besarnya pertumbuhan nilai impor dapat dijelaskan dengan model sebesar 49%, sedangkan 51% lainnya dijelaskan oleh variabel lain di luar penelitian ini.

4.7. Diagnostik Sisaan Model

Setelah didapatkan model VARIMAX (2,1,3)(4,0), selanjutnya dilakukan uji diagnostik sisaan model dengan uji asumsi *white noise* dan uji normalitas sisaan.

4.7.1. Uji Asumsi *White Noise*

Uji asumsi *white noise* dilakukan dengan menggunakan uji *Portmanteau*. Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 8 dan diringkas pada Tabel 4.11. berikut.

Tabel 4.11. Uji Statistik *Portmanteau*

Model	Lag	Q-Statistic	p-value	Keputusan
VARIMAX (2,1,3)(4,0)	6	0.239	0.993	Terima H_0
	7	1.497	0.993	Terima H_0
	8	2.764	0.997	Terima H_0
	9	8.855	0.919	Terima H_0
	10	11.441	0.934	Terima H_0
	11	13.897	0.949	Terima H_0
	12	16.703	0.954	Terima H_0

Berdasarkan Tabel 4.11, dapat dilihat bahwa *p-value* dari *Q-Statistic* pada beberapa lag bernilai lebih besar dari taraf nyata 0,05. Oleh karena itu keputusan yang diambil yaitu terima H_0 dan dapat disimpulkan bahwa model VARIMAX (2,1,3)(4,0) memenuhi asumsi sisaan *white noise*.

4.7.2. Uji Asumsi Normalitas Sisaan

Uji asumsi normalitas sisaan dilakukan dengan menggunakan uji *Jarque-Bera*. Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 9 dan diringkas pada Tabel 4.12. berikut.



Tabel 4.12. Uji Normalitas Sisaan Model

Model	$Z_{M,1}^*$	$Z_{M,2}^*$	$Z_{M,2}^{*2}$	MJB_M^*	χ_5^2
VARIMAX (2,1,3)(4,0)	4.93	0.402	0.162	5.092	11.07

Berdasarkan Tabel 4.12, nilai statistik uji *Jarque-Bera* multivariat yang diperoleh adalah 5.092. Apabila nilai statistik uji *Jarque-Bera* multivariat dibandingkan dengan $\chi_5^2 = 11.07$, maka statistik MJB_M^* bernilai lebih kecil dari χ_5^2 . Oleh karena itu, keputusan yang diambil yaitu terima H_0 , dan dapat disimpulkan bahwa sisaan model VARIMAX (2,1,3)(4,0) sudah berdistribusi normal multivariat.

4.8. Pembahasan

Setelah dilakukan analisis terhadap data, dapat diketahui bahwa data yang digunakan tidak memenuhi asumsi stasioneritas terhadap ragam dan stasioneritas terhadap rata-rata. Sebagaimana seharusnya dalam analisis deret waktu data harus memenuhi asumsi stasioneritas terhadap ragam dan stasioneritas terhadap rata-rata. Dilakukan penanganan terhadap pelanggaran asumsi stasioneritas ragam dengan transformasi *Box-Cox* hingga didapatkan data yang stasioner terhadap ragam. Kemudian, dilakukan pula penanganan terhadap pelanggaran asumsi stasioneritas rata-rata dengan pembedaan (*differencing*). Hasilnya, data memenuhi asumsi stasioneritas rata-rata setelah dilakukan pembedaan pertama.

Setelah dipastikan data sudah memenuhi asumsi stasioneritas, selanjutnya dilakukan uji kausalitas *granger* antara variabel ekspor dan impor. Uji kausalitas *granger* dilakukan untuk melihat hubungan sebab akibat dua variabel dengan memanfaatkan informasi di masa lalu. Dalam hal ini, uji kausalitas *granger* dilakukan pada variabel ekspor dan impor yang merupakan variabel endogen yang akan dimodelkan. Hasil uji kausalitas *granger* menunjukkan adanya pengaruh dua arah antar variabel, sehingga kedua variabel dapat digunakan sebagai variabel endogen pada model VARIMAX.

Selanjutnya dilakukan analisis CCF untuk mengetahui arah hubungan antara variabel endogen dan variabel eksogen. Hasilnya, dapat dilihat pada kedua plot CCF di Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 bahwa antara variabel kurs rupiah dengan ekspor serta kurs rupiah



dengan impor keduanya memiliki lag signifikan pada arah lag positif, hal ini berarti terdapat hubungan satu arah antara variabel kurs rupiah baik dengan ekspor maupun dengan impor.

Identifikasi orde model dilakukan dengan skema MPACF untuk menentukan orde p dan skema MACF untuk menentukan orde q . Untuk menentukan orde dari variabel eksogen, dalam hal ini yaitu orde b dan s dilakukan dengan melihat grafik bobot *respon impuls*. Model VARIMAX $(p, d, q)(b, s)$ yang terbentuk yaitu model dengan orde $(2, 1, 3)(4, 0)$. Selanjutnya dilakukan pendugaan parameter model VARIMAX $(2, 1, 3)(4, 0)$ menggunakan metode FIML dengan model yang terbentuk dapat dilihat pada persamaan (4.4) dan (4.5), dengan nilai R^2 pada masing-masing model yaitu 38% dan 49%. Pada model ekspor, nilai R^2 sebesar 38% yang artinya bahwa besar pertumbuhan nilai ekspor dapat dijelaskan oleh variabel yang terdapat pada model sebesar 38%, sedangkan 62% lainnya dijelaskan oleh variabel lain diluar model. Untuk model impor, nilai R^2 sebesar 49% yang artinya bahwa besar pertumbuhan nilai impor dapat dijelaskan oleh variabel yang terdapat pada model sebesar 49%, sedangkan 51% lainnya dijelaskan oleh variabel lain diluar model.

Kelayakan model yang terbentuk, diperkuat dengan pengujian diagnostik sisaan model dengan uji asumsi *white noise* dan uji asumsi normalitas sisaan. Hasil uji asumsi *white noise* menunjukkan bahwa sisaan model memenuhi asumsi *white noise*, artinya tidak terdapat korelasi antar sisaan sehingga antar sisaan memiliki hubungan yang bebas. Hasil uji normalitas sisaan menunjukkan bahwa sisaan model berdistribusi normal. Dengan terpenuhinya dua asumsi sisaan model tersebut, maka model terbentuk dapat dianggap layak dan tepat.



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Metode VARIMAX dapat diterapkan dalam memodelkan data ekspor, impor, dan kurs rupiah, dimana model yang terbentuk adalah VARIMAX (2,1,3)(4,0) dengan bentuk persamaan dapat dilihat pada persamaan (4.3).
2. Pertumbuhan ekspor dan pertumbuhan impor memiliki pengaruh satu sama lain, dimana berdasarkan model AR pertumbuhan impor berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekspor, dan pertumbuhan ekspor berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan impor. Model pertumbuhan ekspor dan impor, masing-masing juga dipengaruhi oleh sisaan pertumbuhan nilai ekspor sampai dengan tiga bulan sebelumnya, dan juga sisaan pertumbuhan nilai impor yang berpengaruh sampai dengan tiga bulan sebelumnya.
3. Terjadinya apresiasi (kenaikan) kurs rupiah pada empat bulan sebelumnya, memberikan efek negatif terhadap pertumbuhan nilai ekspor dan impor pada bulan ke- t .

5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, saran yang diberikan oleh peneliti adalah sebagai berikut.

1. Variabel ekspor dan impor terintegrasi pada orde yang sama yaitu $I(1)$, maka terdapat kemungkinan adanya hubungan jangka panjang antar variabel. Peneliti menyarankan untuk melakukan analisis dengan metode lain yang dapat mengakomodir hubungan jangka panjang.
2. Apabila ingin melakukan peramalan, maka disarankan untuk menggunakan model yang hanya terdiri dari parameter yang signifikan saja (model tidak penuh).



DAFTAR PUSTAKA

- Alt, F. B., Hung, K., dan Lap-Ming Wun. 1998. *Time Series Analysis. Handbook of Statistical Method for Enginneers and Scientist* (Harrison M. Wadsworth, ed.); 2nd Edition. New York: McGraw-Hill.
- Andy, E. Y. dan Hadi, S. 2009. Analisis Pengaruh Tingkat Suku Bunga SBI Dan Volume Ekspor Impor Terhadap Nilai Tukar Rupiah. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 7(1), 47-62.
- Angkouw, J. 2013. Perubahan Nilai Tukar Rupiah Pengaruhnya Terhadap Ekspor Minyak Kelapa Kasar (CCO) di Sulawesi Utara. *Jurnal EMBA*. 1(3). 981-990.
- Basuki, S. N. 2013. Penaksiran Parameter pada Persamaan Simultan Menggunakan Metode *Full Information Maximum Likelihood* (FIML). Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Box, G. E. P. dan Jenkins, G. M. 1970. *Time Series Analysis Forecasting and Control*. San Fransisco: Holden-Day.
- Brockwell, P. J. dan Davis, R. A. 2002. *Introduction to Time Series and Forecasting*. New York: Springer Sciencee and Bussiness Media.
- Case, K. E. dan Fair, R. C. 2007. Prinsip-prinsip Ekonomi. Edisi kedelapan. Jakarta: Erlangga.
- Centinkaya, M. dan Erdogan, S. 2010. *VAR Analysis of the Relation between GDP, Import, and Export: Turkey Case. International Research Journal of Finance and Economics*. 55: 135-145.
- Cryer, J. D. dan Chan, K. J. 2008. *Time Series Analysis with Application in R*. New York: Springer Sciencee and Bussiness Media.
- Draper, N. R. dan Smith, H.S. 1992. Analisis Regresi Terapan. Edisi Kedua. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.



Enders, W. 2004. *Applied Econometric Time Series*. John Wiley and Sons, Inc

Gujarati, D. N. 2004. *Basic Econometrics*. Fourth Edition. New York: McGraw-Hill Inc.

Kementerian Perdagangan RI. 2014. Laporan Akhir. Kajian Penyusunan Target Ekspor Impor Indonesia 2015-2019.

Koizumi, K., Okamoto, N., dan Seo, T. 2009. *On Jarque Bera Tests for Assessing Multivariate Normality*. *Journal of Statistics: Advances in Theory and Applications*. 1(2), 207-220

Makridakis, S., Wheelwright, S.C., dan McGee, V.E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan* (Jilid 1 Edisi Kedua. Terjemahan Ir. Hari Suminto). Jakarta: Bina Rupa Aksara.

Parveen, S., Khan, A.Q., dan Ismail, M. 2012. *Analysis Of The Factors Affecting Exchange Ratevariability In Pakistan*. *Journal Academic Research International*. 2(3).

Septiana, E. dan Subekti, R. 2013. Aplikasi Metode Full Information Maximum Likelihood (FIML) Pada Penyelesaian Sistem Persamaan Simultan. *Prosiding Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika*. Universitas Negeri Yogyakarta.

Sims, C. A. 1980. Money, Income, and Causality. *American Economic Review*. 62, 540-552.

Soma, A. P., dan Setiawina, N. D. 2016. Pengaruh Kurs, JUB dan Tingkat Inflasi terhadap Ekspor, Impor dan Cadangan Devisa Indonesia. *E-Jurnal EP Unud*. 5(10), 1077-1102.

Spliid, H. 1983. *A Fast Estimation Method for the Vector Autoregressive Moving Average Model with Exogenous Variables*. *Journal of the American Statistical Association*. 78(384), 843-849.

Sukirno, S. 2008. *Makro Ekonomi Teori Pengantar*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.



Tambunan, T. 2001. *Perdagangan Internasional dan Neraca Pembayaran: Teori dan Temuan Empiris*. Jakarta: LP3ES.

Tiao, G. and Box, G. 1981. *Modeling Multiple Time Series with Applications*. *Journal of the American Statistical Association*, 76, 802-816.

Todaro, Michael, P. dan Stephen C. S. 2006. *Pembangunan Ekonomi*. Jakarta: Erlangga.

Tsay, R. S. 2014. *Multivariate Time Series Analysis with R and Financial Application*. Canada: John Wiley & Sons.

Walpole, R. E., dan Myers, R. H. 1986. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: Penerbit ITB.

Wei, W. W. S. 2006. *Time Series Analysis Univariate And Multivariate Methods, 2nd Edition*. USA: Pearson Education, Inc.

Wiyanti, D. T., dan Pulungan, R. 2012. *Peramalan Deret Waktu Menggunakan Model Fungsi Basis Radial (RBF) dan Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. *Jurnal Mipa*, 35(2).



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Nilai Ekspor-Impor dan Kurs Rupiah

Tanggal	Export (juta US\$)	Import (juta US\$)	Kurs (Rp.)
Jan-09	7280	6601	11316
Feb-09	7134	5939	12041
Mar-09	8615	6554	11590
Apr-09	8454	6707	10713
May-09	9209	7641	10181
Jun-09	9382	7936	10179
Jul-09	9684	8683	9774
Aug-09	10544	9707	10101
Sep-09	9843	8517	9623
Oct-09	12243	9430	9606
Nov-09	10775	8815	9354
Dec-09	13348	10300	9427
Jan-10	11596	9491	9350
Feb-10	11167	9498	9335
Mar-10	12774	10973	9103
Apr-10	12035	11236	9029
May-10	12619	9980	9285
Jun-10	12330	11760	9045
Jul-10	12487	12626	8923
Aug-10	13727	12172	8918
Sep-10	12182	9654	8932
Oct-10	14400	12120	8924
Nov-10	15633	13008	9015
Dec-10	16830	13147	8886
Jan-11	14606	12559	8936
Feb-11	14415	11750	8841



Lampiran 1. Data Nilai Ekspor-Impor dan Kurs Rupiah (Lanjutan)

Tanggal	Export (juta US\$)	Import (juta US\$)	Kurs (Rp.)
Mar-11	16366	14486	8700
Apr-11	16554	14888	8553
May-11	18287	14826	8544
Jun-11	18387	15072	8617
Jul-11	17419	16207	8495
Aug-11	18648	15075	8533
Sep-11	17543	15169	8953
Oct-11	16958	15533	8624
Nov-11	17236	15394	9121
Dec-11	17078	16476	8855
Jan-12	15568	14555	9074
Feb-12	15695	14867	9005
Mar-12	17252	16326	9112
Apr-12	16173	16938	9189
May-12	16830	17037	9410
Jun-12	15442	16728	9368
Jul-12	16085	16354	9424
Aug-12	14047	13814	9515
Sep-12	15898	15349	9570
Oct-12	15320	17208	9586
Nov-12	16317	16935	9571
Dec-12	15394	15582	9612
Jan-13	15376	15450	9660
Feb-13	15016	15313	9657
Mar-13	15025	14887	9612
Apr-13	14761	16464	9692
May-13	16133	16661	9778
Jun-13	14759	15636	9612



Lampiran 1. Data Nilai Ekspor-Impor dan Kurs Rupiah (Lanjutan)

Tanggal	Export (juta US\$)	Import (juta US\$)	Kurs (Rp.)
Jul-13	15088	17417	10244
Aug-13	13084	13012	10895
Sep-13	14707	15510	11552
Oct-13	15698	15674	11147
Nov-13	15939	15149	11625
Dec-13	16968	15456	12217
Jan-14	14472	14916	12143
Feb-14	14634	13791	11601
Mar-14	15193	14524	11305
Apr-14	14293	16255	11515
May-14	14824	14770	11696
Jun-14	15410	15698	12020
Jul-14	14124	14082	11561
Aug-14	14482	14793	11710
Sep-14	15276	15546	12132
Oct-14	15293	15328	12150
Nov-14	13545	14042	12195
Dec-14	14436	14435	12420
Jan-15	13245	12612	12788
Feb-15	12173	11510	13004
Mar-15	13634	12609	13087
Apr-15	13105	12626	12915
May-15	12755	11614	13165
Jun-15	13514	12978	13322
Jul-15	11466	10082	13492
Aug-15	12726	12399	13910
Sep-15	12588	11559	14680
Oct-15	12122	11109	13793



Lampiran 1. Data Nilai Ekspor-Impor dan Kurs Rupiah (Lanjutan)

Tanggal	Export (juta US\$)	Import (juta US\$)	Kurs (Rp.)
Nov-15	11122	11520	13638
Dec-15	11917	12077	13845
Jan-16	10582	10467	14104
Feb-16	11317	10176	13425
Mar-16	11812	11302	13240
Apr-16	11690	10814	13210
May-16	11517	11141	13631
Jun-16	13206	12095	13139
Jul-16	9650	9017	13123
Aug-16	12702	12385	13283
Sep-16	12580	11298	13003
Oct-16	12744	11507	13063
Nov-16	13503	12669	13502
Dec-16	13832	12783	13518
Jan-17	13398	11974	13338
Feb-17	12616	11359	13339
Mar-17	14719	13283	13299
Apr-17	13270	11951	13322
May-17	14334	13773	13319
Jun-17	11661	9992	13278
Jul-17	13611	13890	13320
Aug-17	15188	13509	13334
Sep-17	14580	12788	13477
Oct-17	15253	14249	13574
Nov-17	15335	15114	13504
Dec-17	14865	15105	13477
Jan-18	14576	15309	13421
Feb-18	14132	14186	13694



Lampiran 1. Data Nilai Ekspor-Impor dan Kurs Rupiah (Lanjutan)

Tanggal	Export (juta US\$)	Import (juta US\$)	Kurs (Rp.)
Mar-18	15511	14464	13736
Apr-18	14496	16162	13870
May-18	16198	17663	13977
Jun-18	12942	11268	14350
Jul-18	16285	18297	14403
Aug-18	15865	16818	14751
Sep-18	14956	14610	14890
Oct-18	15909	17668	15273
Nov-18	14852	16902	14356
Dec-18	14290	15365	14553
Jan-19	14028	14991	14033
Feb-19	12789	12226	14015
Mar-19	14448	13451	14233
Apr-19	13068	15399	14191
May-19	14752	14607	14401
Jun-19	11763	11495	14185
Jul-19	15238	15519	14066
Aug-19	14262	14169	14231
Sep-19	14080	14263	14024
Oct-19	14882	14759	14060
Nov-19	13945	15341	14082
Dec-19	14429	14507	13919
Jan-20	13632	14269	13643
Feb-20	14061	11548	14312
Mar-20	14068	13352	16347
Apr-20	12163	12535	15235
May-20	10454	8439	14640
Jun-20	12009	10760	14470



Lampiran 1. Data Nilai Ekspor-Impor dan Kurs Rupiah (Lanjutan)

Tanggal	Export (juta US\$)	Import (juta US\$)	Kurs (Rp.)
Jul-20	13703	10464	14487
Aug-20	13096	10742	14618
Sep-20	13961	11570	14910
Oct-20	14362	10786	14585
Nov-20	15259	12664	14062
Dec-20	15520	14438	13833
Jan-21	15294	13300	14023
Feb-21	15256	13264	14332
Mar-21	18354	16787	14605



Lampiran 2. Data Hasil Transformasi Box-Cox

Tanggal	\hat{y}_{1t}	\hat{y}_{2t}	\hat{x}_t
Jan-09	26499927.51	21783959.68	802505.0765
Feb-09	25449117.75	17635860	880850.5845
Mar-09	37106527.55	21478112.91	831828.0227
Apr-09	35735057.5	22490582.62	739222.2097
May-09	42400998.22	29194732.35	684847.6571
Jun-09	44006270.63	31486079.63	684645.8651
Jul-09	46890895.91	37699848.95	644204.0228
Aug-09	55585858.72	47115836.15	676791.4597
Sep-09	48438386.88	36266237.28	629274.5395
Oct-09	74941851.15	44463392.51	627617.4349
Nov-09	58054622.08	38849467.55	603082.0802
Dec-09	89085886.31	53043969.51	610214.2724
Jan-10	67233607.5	45039540	602729.1651
Feb-10	62350944	45106001.5	601303.4745
Mar-10	81587537.5	60203364	579008.6542
Apr-10	72420612	63123847.5	571934.2212
May-10	79619580	49800199.5	596421.1356
Jun-10	76014449.5	69148799.5	573464.6794
Jul-10	77962584	79707937.5	561939.0083
Aug-10	94215264	74078791.5	561447.8554
Sep-10	74200561.5	46599857.5	562751.5463
Oct-10	103679999.5	73447199.5	561995.65
Nov-10	122195344	84604031.5	570675.6752
Dec-10	141624449.5	86421804	558428.6427
Jan-11	106667617.5	78864240	563110.6971
Feb-11	103896112	69031249.5	554234.3973
Mar-11	133922977.5	104922097.5	540987.3184
Apr-11	137017457.5	110826271.5	527361.8805
May-11	167207184	109905137.5	526543.6444



Lampiran 2. Data Hasil Transformasi Box-Cox (Lanjutan)

Tanggal	\hat{y}_{1t}	\hat{y}_{2t}	\hat{x}_t
Jun-11	169040884	113582591.5	533259.4644
Jul-11	151710780	1131333424	521979.2765
Aug-11	173873951.5	113627812	525480.9859
Sep-11	153878424	115049280	564718.4423
Oct-11	143786881.5	120637044	533932.6056
Nov-11	148539847.5	118487617.5	580679.1252
Dec-11	145829041.5	135729287.5	555490.1213
Jan-12	121181311.5	105924012	576243.9794
Feb-12	123166512	110513844	569683.7197
Mar-12	148815751.5	133269137.5	579867.5532
Apr-12	130782964	143447921.5	587228.4584
May-12	141624449.5	145129684	608545.0026
Jun-12	119227681.5	139912991.5	604475.3356
Jul-12	129363612	133726657.5	609923.0142
Aug-12	98659104	95413297.5	618739.3767
Sep-12	126373201.5	117795900	624126.7452
Oct-12	117351199.5	148057631.5	625726.847
Nov-12	133122244	143397112	624268.6176
Dec-12	118487617.5	121399361.5	628288.9679
Jan-13	118210687.5	119351249.5	632927.1927
Feb-13	112740127.5	117243984	632691.288
Mar-13	112875312	110811384	628288.9679
Apr-13	108943560	135531647.5	636055.1684
May-13	130136844	138794460	644609.4659
Jun-13	108914040	122242247.5	628288.9679
Jul-13	113823871.5	151675944	691214.2402
Aug-13	85595527.5	84656071.5	758139.6509
Sep-13	108147924	120280049.5	827740.417
Oct-13	123213601.5	122837137.5	784594.7063



Lampiran 2. Data Hasil Transformasi Box-Cox (Lanjutan)

Tanggal	\hat{y}_{1t}	\hat{y}_{2t}	\hat{x}_t
Nov-13	127025860	114746100	835598.8561
Dec-13	143956511.5	119443967.5	900233.7281
Jan-14	104719391.5	111243527.5	892066.8665
Feb-14	107076977.5	95095840	833012.5291
Mar-14	115413624	105473287.5	801335.2173
Apr-14	102144924	132112512	823766.8345
May-14	109875487.5	109076449.5	843255.9693
Jun-14	118734049.5	123213601.5	878547.2282
Jul-14	99743687.5	99151361.5	828707.9275
Aug-14	104864161.5	109416424	844736.9435
Sep-14	116678087.5	120839057.5	890854.9929
Oct-14	116937924	117473791.5	892838.3446
Nov-14	91733512	98588881.5	897816.403
Dec-14	104199047.5	104184612	922764.3782
Jan-15	87715012	79531271.5	964046.8018
Feb-15	74090964	66240049.5	988596.0702
Mar-15	92942977.5	79493440	998087.4723
Apr-15	85870512	79707937.5	978475.7365
May-15	81345012	67442497.5	1007023.832
Jun-15	91314097.5	84214241.5	1025091.429
Jul-15	65734577.5	50823361.5	1044775.459
Aug-15	80975537.5	76867600	1093702.415
Sep-15	79228871.5	66805240	1185762.141
Oct-15	73471441.5	61704940	1079944.16
Nov-15	61849441.5	66355199.5	1061779.894
Dec-15	71007444	72926964	1086045.235
Jan-16	55989361.5	54779044	1116706.438
Feb-16	64037244	51775487.5	1037002.739
Mar-16	69761671.5	63867601.5	1015641.489



Lampiran 2. Data Hasil Transformasi Box-Cox (Lanjutan)

Tanggal	\hat{y}_{1t}	\hat{y}_{2t}	\hat{x}_t
Apr-16	68328049.5	58471297.5	1012196.087
May-16	66320644	62060940	1060962.526
Jun-16	87199217.5	73144512	1004042.096
Jul-16	46561249.5	40653144	1002249.887
Aug-16	80670401.5	76694112	1020593.308
Sep-16	79128199.5	63822401.5	988493.4408
Oct-16	81204767.5	66205524	995343.1692
Nov-16	91165504	80251780	1045937.224
Dec-16	95662111.5	81702544	1047796.945
Jan-17	89753201.5	71688337.5	1026938.719
Feb-17	79581727.5	64513440	1027054.212
Mar-17	108324480	88219044	1022437.893
Apr-17	88046449.5	71413200	1025091.429
May-17	102731777.5	94847764	1024745.186
Jun-17	67989460	49920031.5	1020017.102
Jul-17	92629660	96466049.5	1024860.596
Aug-17	115337671.5	91246540	1026476.793
Sep-17	106288199.5	81766471.5	1043044.065
Oct-17	116327004	101517000	1054314.632
Nov-17	117581112	114216497.5	1046169.629
Dec-17	110484112	114080512	1043033.617
Jan-18	106229887.5	117182740	1036539.308
Feb-18	99856711.5	100621297.5	1068326.387
Mar-18	120295560	104603647.5	1073245.051
Apr-18	105067007.5	130605121.5	1088988.182
May-18	131187601.5	155990784	1101613.948
Jun-18	83747681.5	63483911.5	1146004.545
Jul-18	132600612	167390104	1152359.352
Aug-18	125849112	141422561.5	1194374.969



Lampiran 2. Data Hasil Transformasi Box-Cox (Lanjutan)

Tanggal	\hat{y}_{1t}	\hat{y}_{2t}	\hat{x}_t
Sep-18	111840967.5	106726049.5	1211296.74
Oct-18	126548140	156079111.5	1258343.723
Nov-18	110290951.5	142838801.5	1146723.369
Dec-18	102102049.5	118041612	1170408.016
Jan-19	98392391.5	112365040	1108241.139
Feb-19	81779260	74737537.5	1106109.525
Mar-19	104372351.5	90464700	1132017.548
Apr-19	85386311.5	118564600	1127010.557
May-19	108810751.5	106682224	1152119.335
Jun-19	69184084	66067512	1126236.327
Jul-19	116098321.5	120419680	1112200.135
Aug-19	101702321.5	100380280	1131778.952
Sep-19	99123199.5	101716584	1107175.161
Oct-19	110736961.5	108914040	1111441.123
Nov-19	97231512	117673140	1114011.273
Dec-19	104098020	105226524	1094764.053
Jan-20	92915711.5	101802180	1062384.959
Feb-20	98855860	66678151.5	1141395.667
Mar-20	98954311.5	89137951.5	1393362.472
Apr-20	73969284	78563112	1253593.305
May-20	54643057.5	35608360	1180870.557
Jun-20	72108040	57888799.5	1160433.615
Jul-20	93886104	54747647.5	1162415.24
Aug-20	85752607.5	57695281.5	1178258.093
Sep-20	97454760	66932449.5	1213738.052
Oct-20	103133521.5	58168897.5	1174273.078
Nov-20	116418540	80188447.5	1111636.129
Dec-20	120435199.5	104227921.5	1084581.763
Jan-21	116953217.5	88444999.5	1107056.74



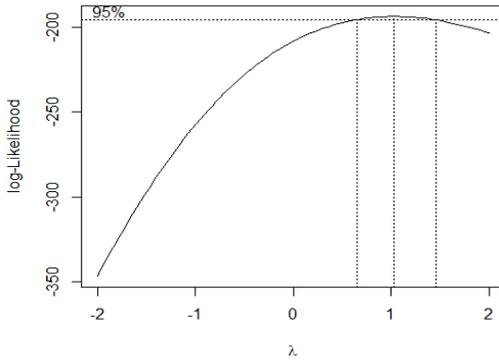
Lampiran 2. Data Hasil Transformasi Box-Cox (Lanjutan)

Tanggal	\hat{y}_{1t}	\hat{y}_{2t}	\hat{x}_t
Feb-21	116372767.5	87966847.5	1143896.908
Mar-21	1168441999.2	140905041.4	1176686.679

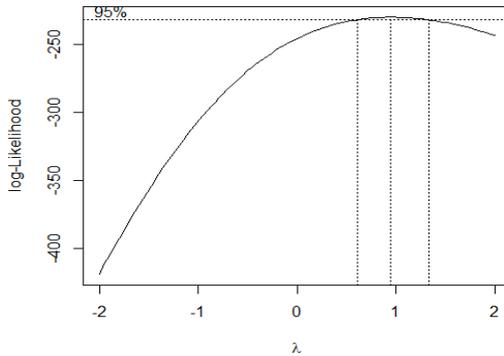


Lampiran 3. Output Uji Stasioneritas Ragam (Lanjutan)

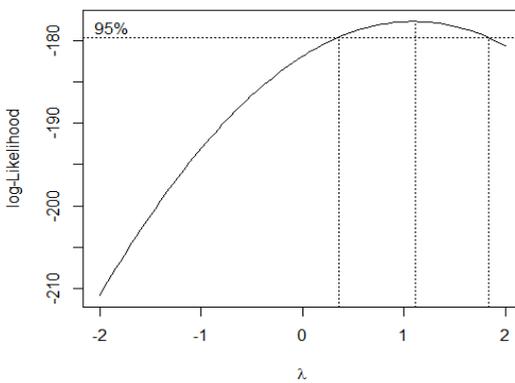
```
> boxcox(tEks~1)
```



```
> boxcox(tImp~1)
```



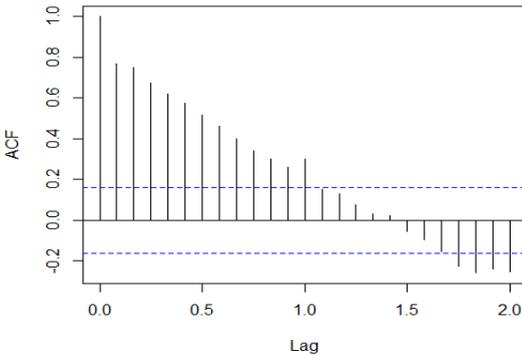
```
> boxcox(tKurs~1)
```



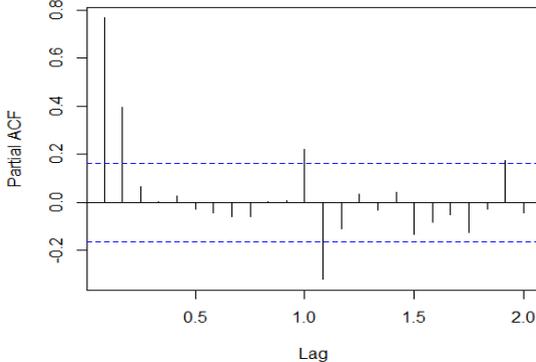


Lampiran 3. Output Uji Stasioneritas Rata-Rata

```
> #stasioneritas rata-rata
> acf(Y1, lag.max=24)
```



```
> pacf(Y1, lag.max=24)
```



```
> tseries::adf.test(Y1, k=1)
```

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: Y1
Dickey-Fuller = -2.7558, Lag order = 1, p-value = 0.2616
alternative hypothesis: stationary
```

```
> tseries::adf.test(diff(Y1, lag=1), k=1)
```

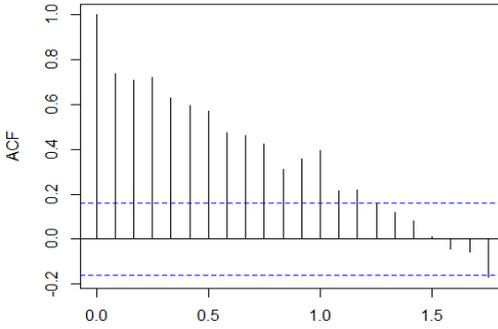
Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: diff(Y1, lag = 1)
Dickey-Fuller = -11.233, Lag order = 1, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

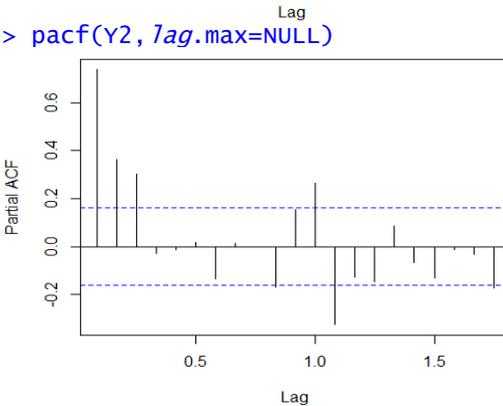


Lampiran 4. Output Uji Stasioneritas Rata-Rata (Lanjutan)

```
> acf(Y2, lag.max=NULL)
```



```
> pacf(Y2, lag.max=NULL)
```



```
> tseries::adf.test(Y2,k=1)
```

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Y2

Dickey-Fuller = -3.1389, Lag order = 1, p-value = 0.1021
alternative hypothesis: stationary

```
> tseries::adf.test(diff(Y2, lag=1),k=1)
```

Augmented Dickey-Fuller Test

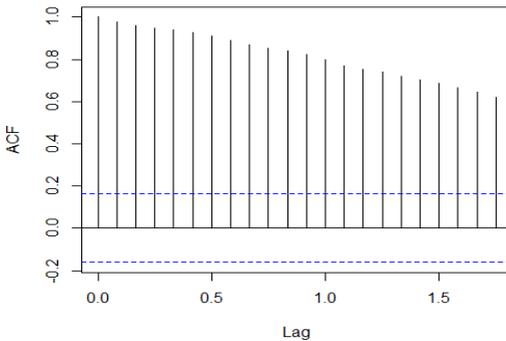
data: diff(Y2, lag = 1)

Dickey-Fuller = -15.189, Lag order = 1, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

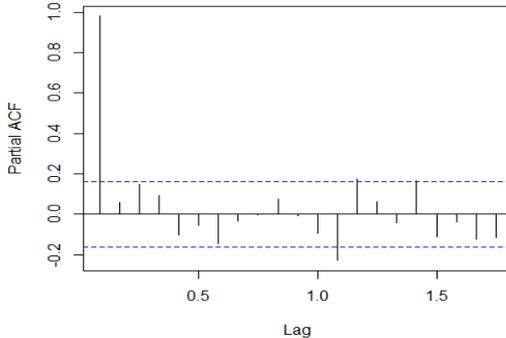


Lampiran 4. Output Uji Stasioneritas Rata-Rata (lanjutan)

```
> acf(X1, lag.max=NULL)
```



```
> pacf(X1, lag.max=NULL)
```



```
> tseries::adf.test(X1, k=1)
```

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: X1
Dickey-Fuller = -3.9837, Lag order = 1, p-value = 0.012
alternative hypothesis: stationary
```

```
> tseries::adf.test(diff(X1, lag=1), k=1)
```

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: diff(X1, lag = 1)
Dickey-Fuller = -10.277, Lag order = 1, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Lampiran 4. Output Uji Kausalitas *Granger*

```
> #Uji kausalitas granger
> grangertest(dify1, dify2, order=2)
Granger causality test
```

```
Model 1: dify2 ~ Lags(dify2, 1:2) + Lags(dify1, 1:2)
```

```
Model 2: dify2 ~ Lags(dify2, 1:2)
```

	Res.Df	Df	F	Pr(>F)
1	139			
2	141	-2	6.5825	0.001856 **

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.'
0.1 ' ' 1
```

```
> grangertest(dify2, dify1, order=2)
```

```
Granger causality test
```

```
Model 1: dify1 ~ Lags(dify1, 1:2) + Lags(dify2, 1:2)
```

```
Model 2: dify1 ~ Lags(dify1, 1:2)
```

	Res.Df	Df	F	Pr(>F)
1	139			
2	141	-2	3.2655	0.04113 *

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.'
0.1 ' ' 1
```



Lampiran 5. Skema MACF dan MPACF Pertumbuhan Ekspor dan Impor

1. MACF

Schematic Representation of Cross Correlations													
Variable/Lag	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
d_tEks	++	--	+	-	++
d_tImp	++	--	..	+	+	-	..	++
+ is $> 2 \cdot \text{std error}$, - is $< -2 \cdot \text{std error}$, . is between													

2. MPACF

Schematic Representation of Partial Autoregression												
Variable/Lag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
d_tEks	-	+-	-	..
d_tImp	..	+-	-	..
+ is $> 2 \cdot \text{std error}$, - is $< -2 \cdot \text{std error}$, . is between												



Lampiran 6. Hasil Pendugaan dan Uji Signifikansi Parameter

The VARMAX Procedure

Number of Observations	146
Number of Pairwise Missing	0
Observation(s) eliminated by differencing	1

Model Parameter Estimates						
Equation	Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t	Variable
tEks	CONST1	1023557.5128	0.00000			1
	AR1_1_1	-1.46565	0.33759	-4.34	0.0001	tEks(t-1)
	AR1_1_2	-0.04188	0.19347	-0.22	0.8290	tImp(t-1)
	AR2_1_1	-0.31824	0.42640	-0.75	0.4567	tEks(t-2)
	AR2_1_2	-0.26321	0.24419	-1.08	0.2829	tImp(t-2)
	XL4_1_1	-0.58008	9.08106	-0.06	0.9492	tKurs(t-4)
	MA1_1_1	-1.08454	0.36327	-2.99	0.0033	e1(t-1)
	MA1_1_2	-0.02856	0.22413	-0.13	0.8988	e2(t-1)
	MA2_1_1	0.12823	0.35812	0.36	0.7208	e1(t-2)
	MA2_1_2	0.04042	0.27188	0.15	0.8820	e2(t-2)
	MA3_1_1	-0.03865	0.19037	-0.20	0.8394	e1(t-3)
	MA3_1_2	0.36085	0.12141	2.97	0.0035	e2(t-3)
tImp	CONST2	214741.29636	0.00000			1
	AR1_2_1	0.92545	0.62892	1.47	0.1434	tEks(t-1)
	AR1_2_2	-1.44937	0.33553	-4.32	0.0001	tImp(t-1)
	AR2_2_1	1.58405	0.65031	2.44	0.0161	tEks(t-2)
	AR2_2_2	-1.34267	0.36832	-3.65	0.0004	tImp(t-2)
	XL4_2_1	-30.24389	21.53996	-1.40	0.1625	tKurs(t-4)



Lampiran 7. Hasil Pendugaan dan Uji Signifikansi Parameter (Lanjutan)

Model Parameter Estimates						
Equation	Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t	Variable
	MA1_2_1	0.76458	0.64378	1.19	0.2370	e1(t-1)
	MA1_2_2	-0.88285	0.35265	-2.50	0.0134	e2(t-1)
	MA2_2_1	0.72720	0.42706	1.70	0.0908	e1(t-2)
	MA2_2_2	-0.21282	0.29626	-0.72	0.4737	e2(t-2)
	MA3_2_1	-0.92481	0.33074	-2.80	0.0059	e1(t-3)
	MA3_2_2	0.68985	0.24280	2.84	0.0052	e2(t-3)

Lampiran 8. Output Uji *Pormanteau*

```
> #uji pormanteau
> epsilon= cbind(data2$RES1, data2$RES2)
> BoxPierce(epsilon, lags =seq(7))
```

lags	statistic	df	p-value
1	0.2393549	4	0.9933852
2	1.4969433	8	0.9927585
3	2.7635986	12	0.9969953
4	8.8553565	16	0.9192503
5	11.4406090	20	0.9339864
6	13.8970286	24	0.9489419
7	16.7032258	28	0.9542230



Lampiran 9. Output Uji Normalitas Sisaan

```

> #uji normalitas multivariat
> library(MVN)
> mvn(epsilon)
$multivariateNormality
      Test      Statistic      p value      Result
1 Mardia skewness 4.92607173266997 0.294967457007698      YES
2 Mardia kurtosis 0.402077970264216 0.687626644972773      YES
3          MVN          <NA>          <NA>          YES

$univariateNormality
      Test      Variable      Statistic      p value      Normality
1 Shapiro-wilk Column1      0.9893      0.3494      YES
2 Shapiro-wilk Column2      0.9911      0.5145      YES

$Descriptives
      n      Mean      Std.Dev      Median      Min      Max      25th
75th      Skew      Kurtosis
1 142 677901.8 14518943 944406.1 -32777631 46275143 -7496317
9259949 0.1303604 0.13320604
2 142 569613.2 16679610 843970.1 -48366231 48763128 -9844872
11947159 -0.1189367 0.00692189
    
```

Lampiran 70. *Syntax R*

```
library(readxl)
library(ggplot2)
library(FitAR)
library(MASS)
library(car)
library(ggfortify)
library(tseries)
library(lmtest)
library(portes)
library(MVN)

#import data
data1= read_xlsx("C:/Users/user/Documents/STATISTIKA UB
17/TUGAS AKHIR/TOPIK 2/SEMPRO GENAP/skripsi.xlsx")
head(data1)

#plot data
ggplot(data1, aes(Date,Ekspor)) +
  geom_line(colour='red') + geom_point(size = 0.5) +
  theme_minimal() +
  labs(title = "Ekspor", Ekspor=NULL)
ggplot(data1, aes(Date,Impor))+
  geom_line(colour='blue') + geom_point(size = 0.5) +
  theme_minimal() +
  labs(title = "Impor", Impor=NULL)
ggplot(data1, aes(Date,Kurs))+
  geom_line(colour='black') + geom_point(size = 0.5) +
  theme_minimal() +
  labs(title = "Kurs", Kurs=NULL)

##stasioneritas
#stasioneritas ragam
powerTransform(data1$Ekspor)
powerTransform(data1$Impor)
powerTransform(data1$Kurs)
```

Lampiran 10. *Syntax R* (Lanjutan)

```
#transformasi lambda
tEks= bxcx(data1$Ekspor,2)
tImp= bxcx(data1$Impor,2)
tKurs= bxcx(data1$Kurs,1.5)
boxcox(tEks~1)
boxcox(tImp~1)
boxcox(tKurs~1)
powerTransform(tEks)
powerTransform(tImp)
powerTransform(tKurs)
Y1= ts(tEks, start = c(2009,1),frequency = 12)
Y2= ts(tImp, start = c(2009,1),frequency = 12)
X1= ts(tKurs, start = c(2009,1),frequency = 12)

#stasioneritas rata-rata
acf(Y1,lag.max=24)
pacf(Y1,lag.max=24)
tseries::adf.test(Y1,k=1)
tseries::adf.test(diff(Y1,lag=1),k=1)
difEkspor= diff(Y1,lag=1)

acf(Y2,lag.max=NULL)
pacf(Y2,lag.max=NULL)
tseries::adf.test(Y2,k=1)
tseries::adf.test(diff(Y2,lag=1),k=1)
difImpor= diff(Y2,lag=1)

acf(X1,lag.max=NULL)
pacf(X1,lag.max=NULL)
tseries::adf.test(X1,k=1)
tseries::adf.test(diff(X1,lag=1),k=1)
difKurs= diff(X1,lag=1)

difY1= ts(difEkspor, start = c(2009,1),frequency = 12)
difY2= ts(difImpor, start = c(2009,1),frequency = 12)
difX1= ts(difKurs, start = c(2009,1),frequency = 12)
```

Lampiran 10. *Syntax* R (Lanjutan)

```
#uji kausalitas granger
grangertest(difY1, difY2, order=2)
grangertest(difY2, difY1, order=2)

#ccf
ccf(difX1,difY1, lag.max = 10)
ccf(difX1,difY2, lag.max = 10)

##data residual
data2= read.csv("C:/Users/user/Downloads/res.csv")
head(data2)

#uji pormanteau
epsilon= cbind(data2$RES1, data2$RES2)
BoxPierce(epsilon, lags =seq(7))

#uji normalitas multivariat
mvn(epsilon)
```

Lampiran 11. *Syntax SAS*

```

/* import data */
PROC IMPORT DATAFILE=REFFILE
  DBMS=XLSX
  OUT=WORK.skripsi;
  GETNAMES=YES;
RUN;
PROC CONTENTS DATA=WORK.skripsi; RUN;

/*MACF*/
proc varmax data=work.skripsi;
  model d_tEks d_Imp/ p=1 lagmax= 12
  print=(corrppcorr);
run;

/*MPACF*/
proc varmax data=work.skripsi;
  model d_tEks d_Imp/ p=1 lagmax= 12
  print=(parcoef);
run;

/*pendugaan parameter*/
proc varmax data= work.skripsi outest=sasuser outstat=sasdata;
  model tEks tImp=tKurs/p=2 q=3 xlag=(4) difx=(1) dify=(1)
  nocurrentx minic=(p=12) method= ml;
output out=ramalan;
run;
proc varmax data=ramalan;
  model RES1 RES2 /p=(1)
  minic=(p=2)noint
  print=(corry parcoef pcorr pcancorr);
run;
proc export data=WORK.RAMALAN
  outfile='res.csv' dbms=csv
replace;
run;

```