

**PENERAPAN *VECTOR ERROR CORRECTION MODEL EXOGENOUS*
(VECMX) PADA DATA SAHAM PERBANKAN DI INDONESIA**

(Skripsi)

Oleh

RAHMAT FAUZI

(2017031044)



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENERAPAN *VECTOR ERROR CORRECTION MODEL EXOGENOUS* (VECMX) PADA DATA SAHAM PERBANKAN DI INDONESIA

Oleh

RAHMAT FAUZI

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan model *Vector Error Correction Model* dengan variabel eksogen (VECMX) dalam menganalisis hubungan dinamis antar saham perbankan di Indonesia dengan memasukkan inflasi sebagai variabel eksogen. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa harga penutupan saham Bank Central Asia (BCA), Bank Rakyat Indonesia (BRI), dan Bank Mandiri sebagai variabel endogen, serta data inflasi bulanan di Indonesia sebagai variabel eksogen, dengan periode observasi dari Januari 2013 hingga Desember 2023 sebanyak 132 data. Metodologi yang digunakan mencakup uji stasioneritas dengan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF), penentuan panjang *lag* optimal, uji stabilitas model, uji kointegrasi Johansen, serta pendugaan parameter model VECMX menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Selanjutnya dilakukan uji kausalitas Granger dan analisis *Impulse Response Function* (IRF) untuk mengamati respon variabel terhadap guncangan (*shock*) dari variabel lain. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan kausalitas satu arah dari BCA terhadap BRI dan Bank Mandiri, serta dari BRI terhadap Bank Mandiri. Sementara itu, analisis IRF memperlihatkan bahwa *shock* pada suatu saham memberikan dampak yang signifikan terhadap saham lainnya dalam jangka pendek, yang kemudian mereda dan mencapai kestabilan dalam jangka panjang. Secara umum, pergerakan harga saham lebih banyak dipengaruhi oleh pergerakan historisnya sendiri dibandingkan dengan pengaruh inflasi. Hal ini menunjukkan bahwa model VECMX mampu menangkap keterkaitan jangka panjang dan dinamika jangka pendek antar saham perbankan dan variabel makroekonomi seperti inflasi.

Kata kunci: VECMX, saham perbankan, inflasi, kointegrasi, kausalitas Granger, impulse response function

ABSTRACT

APPLICATION OF THE VECTOR ERROR CORRECTION MODEL WITH EXOGENOUS VARIABLES (VECMX) ON BANKING STOCK DATA IN INDONESIA

By

RAHMAT FAUZI

This study aims to apply the Vector Error Correction Model with exogenous variables (VECMX) to analyze the dynamic relationships among banking stocks in Indonesia by incorporating inflation as an exogenous variable. The data used are secondary data consisting of monthly closing stock prices of Bank Central Asia (BCA), Bank Rakyat Indonesia (BRI), and Bank Mandiri as endogenous variables, and Indonesia's monthly inflation as the exogenous variable, covering the period from January 2013 to December 2023 with a total of 132 observations. The methodology includes stationarity testing using the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test, optimal lag length selection, model stability testing, Johansen cointegration test, and parameter estimation using the Maximum *Likelihood* Estimation (MLE) method. Granger causality testing and Impulse Response Function (IRF) analysis are also conducted to observe the response of each variable to shocks from others. The results indicate a one-way Granger causality from BCA to BRI and Bank Mandiri, as well as from BRI to Bank Mandiri. The IRF analysis shows that shocks in one stock have a significant short-term impact on the others, which then diminish and stabilize over time. Overall, stock price movements are more influenced by their own historical behavior than by inflation. These findings suggest that the VECMX model is capable of capturing both long-term cointegration and short-term dynamics between banking stock prices and macroeconomic variables such as inflation.

Key words: VECMX, banking stocks, inflation, cointegration, Granger causality, impulse response function

**PENERAPAN *VECTOR ERROR CORRECTION MODEL EXOGENOUS*
(VECMX) PADA DATA SAHAM PERBANKAN DI INDONESIA**

Oleh

RAHMAT FAUZI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA**

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

**: PENERAPAN *VECTOR ERROR
CORRECTION MODEL EXOGENOUS*
(VECMX) PADA DATA SAHAM
PERBANKAN DI INDONESIA**

Nama Mahasiswa

: Rahmat Fauzi

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2017031044

Jurusan

: Matematika

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

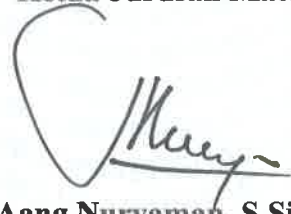

Widiarti, S.Si., M.Si.

NIP. 198005022005012003


Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si.

NIP. 199306012019032021

2. Ketua Jurusan Matematika


Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.

NIP. 197403162005011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : **Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **18 Juni 2025**

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rahmat Fauzi

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017031044

Jurusan : Matematika

Judul Skripsi : Penerapan *Vector Error Correction Model*
Exogenous (VECMX) pada Data Saham Perbankan
di Indonesia

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

Bandarlampung, 7 Juli 2025

Yang menyatakan



Rahmat Fauzi

NPM 2017031044

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Rahmat Fauzi, lahir di Gunung Gijul, pada tanggal 10 Februari 2002. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara pasangan Bapak Jumruzi dan Ibu Jumakya.

Penulis mengawali pendidikan formal di SDN 1 Gunung Gijul pada tahun 2008 hingga 2014, kemudian melanjutkan jenjang pendidikannya di MTS Nurul Falah Subik pada tahun 2014 hingga 2017 dan SMAN 1 Abung Tengah pada tahun 2017 hingga 2020.

Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi S1 Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan seperti Rois FMIPA Universitas Lampung sebagai anggota Bidang Humas pada tahun 2021.

Pada awal tahun 2023, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di kantor cabang BRI Kotabumi. Selanjutnya, pada bulan Juni hingga Agustus 2023, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kedondong, Kecamatan Kedondong, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

KATA INSPIRASI

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”

(QS. Ar-Rum : 60)

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau lakukan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Namun, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan”

(Boy Candra)

“Bila esok nanti kau sudah lebih baik, jangan lupakan masa-masa sulitmu. Ceritakan kembali pada dunia, caramu merubah peluh jadi senyuman”

(Andmesh Kamaleng)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, dengan mengucapkan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik walau dengan berbagai rintangan dilalui saat mengerjakannya. Dengan sukacita yang tulus, penulis persembahkan karya sederhana ini kepada:

Mamak dan Bapak Tercinta

Yang senantiasa bekerja keras dan tidak kenal lelah untuk selalu mendoakan, memberikan dukungan, nasehat dan kasih sayang yang tidak mungkin terbalas oleh apapun agar penulis dapat mengenyam pendidikan dan meraih gelar sarjana.

Kakak dan Adik Tersayang

Yang telah memberikan semangat, motivasi, doa, dan dukungan.

Dosen Pembimbing dan Penguji

Yang senantiasa meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan, motivasi, arahan, dan saran kepada penulis.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang karena atas limpahan berkah, rahmat, karunia, dan izin-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Penerapan Vector Error Correction Model Exogenous pada Data Saham Perbankan di Indonesia*”. Shalawat beserta salam senantiasa tercurah kepada baginda Nabi Muhammad SAW, suri tauladan untuk kita semua, semoga dikemudian hari mendapat syafaat dari beliau.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Widiarti, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan arahan, bantuan, motivasi, serta masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Siti Laelatul Chasanah, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta selalu bersedia meluangkan waktu untuk membantu kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si. selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran serta evaluasi kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Ir. Warsono, PH.D., M.S., Ph.D. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Orang tuaku Bapak Jumruzi dan Ibu Jumakya, Adikku Fadila, dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi, dan doa yang tak terhingga untuk penulis.
9. Sahabat-sahabat penulis, teman sekaligus saudara di perantauan, Elwan, Junaedi, Vincent, Jul, Angga yang selalu memberikan keceriaan, semangat, motivasi, nasehat dan bantuan kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan penulis di Jurusan Matematika Andi, Bila, Faris, Ocha, Ziyad, Arif, Nurul dan Tama yang telah memberikan bantuan, semangat, serta pengalaman yang berharga bagi penulis.
11. Teman-teman Bimbingan Ibu Widi, teman-teman Matematika 2020, teman-teman KKN Desa Kedondong, dan teman-teman lainnya yang telah memberikan keceriaan, semangat, dan motivasi penulis.
12. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran guna dijadikan bahan perbaikan ke depannya. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat untuk semua pihak yang membacanya.

Bandarlampung, 7 Juli 2025
Penulis

Rahmat Fauzi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang dan masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Deret Waktu.....	5
2.2 Stasioneritas	6
2.3 <i>Differencing</i> (Pembedaan).....	7
2.4 Panjang <i>Lag</i> Optimal	8
2.5 Kointegrasi Johansen	8
2.6 <i>Vector Autoregressive</i> (VAR)	10
2.7 Uji Stabilitas VAR.....	10
2.8 <i>Vector Error Correction Model</i> (VECM).....	11
2.9 <i>Maximum Likelihood Estimation</i> (MLE)	12
2.10 <i>Vector Error Correction Model Exogenous</i> (VECMX)	13
2.11 Uji Kausalitas Granger	14
2.12 <i>Impulse Response Function</i> (IRF).....	14
2.13 Saham (<i>Stock</i>).....	16
2.14 Inflasi.....	16
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Data Penelitian	18

3.3	Metode Penelitian.....	19
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1	Statistik Deskriptif Data	21
4.2	Identifikasi Model	23
4.2.1	Hasil Uji Stasioneritas.....	23
4.2.2	Hasil Uji <i>Lag</i> Optimal.....	24
4.2.3	Hasil Uji Stabilitas <i>Vector Autoregressive</i> (VAR).....	25
4.2.4	Hasil Uji Kausalitas Granger	26
4.2.5	Hasil Uji Kointegrasi Johansen.....	27
4.3	Pendugaan Parameter Model.....	27
4.4	Analisis <i>Impulse Response Function</i> (IRF)	29
V.	KESIMPULAN.....	36
	DAFTAR PUSTAKA.....	37
	LAMPIRAN.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Statistika deskriptif data penelitian.....	22
2. Hasil uji ADF	23
3. Hasil uji ADF setelah <i>first difference</i>	24
4. Kriteria penentuan lag optimal variabel endogen.....	24
5. Kriteria penentuan lag optimal variabel eksogen	25
6. Hasil uji stabilitas VAR.....	25
7. Hasil uji kausalitas Granger.....	26
8. Hasil uji statistik <i>trace</i> kointegrasi Johansen.....	27
9. Vektor kointegrasi (diperoleh dengan 2OLS).....	28
10. Koefisien model VECM	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Plot statistik data penelitian	21
2. Plot analisis IRF BCA terhadap BCA.....	30
3. Plot analisis IRF BCA terhadap BRI	30
4. Plot analisis IRF BCA terhadap Bank Mandiri.....	31
5. Plot analisis IRF BRI terhadap BCA	31
6. Plot analisis IRF BRI terhadap BRI	32
7. Plot analisis IRF BRI terhadap Bank Mandiri.....	33
8. Plot analisis IRF Bank Mandiri terhadap BCA	33
9. Plot analisis IRF Bank Mandiri terhadap BRI.....	34
10. Plot analisis IRF Bank Mandiri terhadap Bank Mandiri	35

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang dan masalah

Analisis deret waktu (*time series*) adalah suatu proses mengolah dan mengamati data deret waktu. Data deret waktu adalah kumpulan hasil pengamatan menurut interval waktu tertentu, misal harian, mingguan, bulanan, atau tahunan (Box & Jenkins, 1994). Tujuan analisis deret waktu adalah untuk menemukan model yang dapat menjelaskan hubungan waktu antara beberapa variabel dan meramalkan nilai mendatang dari satu atau lebih variabel.

Analisis deret waktu yang melibatkan lebih dari satu variabel (multivariat) dapat dilakukan dengan menggunakan model *Vector Autoregressive* (VAR). Model VAR diperkenalkan oleh Cristopher A. Sims pada tahun 1980 sebagai alternatif dalam analisis makroekonomi. Keunggulan model VAR terletak pada strukturnya yang relatif sederhana, karena semua variabel dalam model dianggap sebagai variabel endogen, yaitu variabel yang saling memengaruhi satu sama lain. Setiap variabel dijelaskan oleh *lag* dari dirinya sendiri serta lag dari variabel endogen lainnya dalam model.

Model VAR didesain untuk variabel stasioner yang tidak mengandung tren. Tren stokastik pada data menunjukkan adanya instrumen jangka panjang dan jangka pendek dalam data deret waktu (Soejoeti, 1987). Pada tahun 1981, Granger mengembangkan konsep kointegrasi yang kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Engle dan Granger pada tahun 1987 tentang konsep kointegrasi dan koreksi kesalahan (*error correction*) (Granger & Engle, 1987). Kemudian, pada tahun 1990, Johansen dan Juselius mengembangkan *Vector Error Correction* (VECM).

Model ini menawarkan suatu metode yang praktis untuk membedakan antara komponen jangka panjang dan jangka pendek dalam proses pembentukan data (Johansen & Juselius, 1990).

VECM merupakan bentuk terestriksi dari model VAR yang digunakan ketika data tidak stasioner namun memiliki hubungan kointegrasi, yang mengindikasikan adanya keterkaitan jangka panjang antar variabel dalam model. Dalam VECM, semua variabel yang digunakan adalah variabel endogen. Namun, dalam beberapa situasi, variabel dalam model juga dapat dipengaruhi oleh variabel eksogen. Variabel eksogen adalah variabel yang dianggap memengaruhi variabel lain dalam model, tetapi tidak dipengaruhi balik oleh variabel-variabel tersebut (Gujarati, 2004). Jika dalam suatu model VECM memuat variabel eksogen, maka model maka model tersebut dikenal sebagai *Vector Error Correction Model with Exogenous Variables* (VECMX). Dalam konteks pasar saham, VARX atau VECMX dapat digunakan untuk menganalisis hubungan antar variabel ekonomi dan harga saham, sehingga memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai dinamika pasar dan membantu dalam pengumpulan keputusan investasi.

Saham merupakan salah satu instrumen di pasar keuangan dan investasi yang banyak diminati oleh investor karena potensi imbal hasilnya yang menarik. Salah satu faktor yang dapat memengaruhi fluktuasi harga saham adalah inflasi. Inflasi sendiri merujuk pada peningkatan harga barang dan jasa secara bertahap dari waktu ke waktu. Terjadinya inflasi membuat investor sebagai pemodal menurunkan minat investasi pada perusahaan yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia (Tandelilin, 2010).

Usman, dkk. (2022) dalam penelitiannya menerapkan model VECMX untuk menganalisis variabel ekonomi dan energi di Indonesia, seperti harga bensin, jumlah uang beredar (M2), ekspor migas, serta konsumsi impor pada periode 2012 hingga 2020. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model VECMX mampu mengidentifikasi dan menggambarkan dinamika hubungan antar variabel dengan baik. Variabel harga bensin dan ekspor migas memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel lainnya. Selain itu, analisis kausalitas Granger dan IRF

menunjukkan bahwa *shock* pada harga bensin memiliki dampak signifikan terhadap perubahan jumlah uang beredar dan impor konsumsi.

Zafar & Khan (2022) meneliti dampak harga minyak global dan fundamental moneter terhadap nilai tukar Rupee Pakistan tahun 2001 hingga 2020 menggunakan model VECMX. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik variabel moneter domestik maupun asing secara signifikan mempengaruhi pergerakan nilai tukar dalam jangka pendek dan jangka panjang. Selain itu, peningkatan harga minyak global secara signifikan menyebabkan penurunan nilai tukar Rupee Pakistan. Hasil ini menunjukkan bahwa model VECMX dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika nilai tukar dalam konteks ekonomi secara global.

Berdasarkan ulasan sebelumnya, peneliti tertarik untuk mengaplikasikan model VECMX pada saham perbankan dan inflasi di Indonesia pada tahun 2013-2023. Variabel endogen yang digunakan adalah saham perbankan dan inflasi sebagai variabel eksogen.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis hubungan kausalitas Granger antar variabel dari model VARX.
2. Menganalisis respon variabel terhadap *shock* yang diberikan oleh variabel lainnya dari model VECMX.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan penelitian ini antara lain:

1. Menambah wawasan dan pengetahuan bagi penulis maupun pembaca dalam pengaplikasian ilmu matematika dan statistika, khususnya penerapan dari model VECMX.

2. Sebagai referensi bagi akademisi untuk mengembangkan penelitian dan menjadi pembanding untuk penelitian selanjutnya.
3. Sebagai pertimbangan bagi investor dalam berinvestasi di saham perbankan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deret Waktu

Menurut Box & Jenkins (1994), deret waktu merupakan sekumpulan data hasil pengamatan terhadap suatu kejadian atau perubahan yang terjadi pada interval waktu tertentu. Data tersebut diklasifikasikan berdasarkan periode waktu, baik dalam jam, hari, minggu, bulan, triwulan, maupun tahun. Dengan mengamati data deret waktu, maka dapat diidentifikasi pola-pola data pada masa lalu dan sekarang yang cenderung terulang di masa mendatang. Menurut Makridakis, dkk. (1999), pola deret waktu dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Pola musiman, terjadi ketika data dipengaruhi oleh faktor musiman seperti bulan, minggu atau hari tertentu dalam seminggu.
2. Pola siklis, muncul akibat fluktuasi ekonomi jangka panjang.
3. Pola horizontal, terjadi saat data berfluktuasi di sekitar rata-ratanya.
4. Pola tren, ditandai dengan adanya kecenderungan naik atau turun secara jangka panjang.

Analisis deret waktu dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah variabel yang dianalisis, yaitu deret waktu univariat yang hanya melibatkan satu variabel, dan deret waktu multivariat yang melibatkan lebih dari satu variabel.

2.2 Stasioneritas

Suatu deret waktu dikatakan stasioner jika apabila karakteristik prosesnya tidak berubah seiring waktu, serta memiliki nilai rata-rata dan variansi yang tetap atau konsisten sepanjang periode pengamatan. Menurut Gujarati (2004), suatu data deret waktu dikatakan stasioner jika memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Rata-rata nilai data pada setiap periode waktu (t) sama dan konstan

$$E(Y_t) = \mu, t \in T \quad (2.1)$$

2. Varians dari data pada setiap periode waktu (t) sama dan konstan

$$Var(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \quad (2.2)$$

3. Kovarian antara nilai data pada waktu (t) dan waktu ($t + k$) tetap dan konstan:

$$\gamma^k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] \quad (2.3)$$

dengan γ^k adalah kovarian dari lag k antara Y_t dan Y_{t+k} .

Terdapat dua jenis kestasioneran data berdasarkan rata-rata dan ragamnya. Data dikatakan stasioner dalam rata-rata jika memiliki rata-rata yang tetap sepanjang waktu. Sementara itu, data disebut stasioner dalam ragam terjadi jika tidak menunjukkan pola peningkatan atau penurunan ragam dari waktu ke waktu (konstan). Salah satu metode yang umum digunakan untuk menguji kestasioneran adalah pengujian akar unit (*unit root test*). Metode pengujian yang digunakan adalah uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF *Test*). Uji ini bertujuan untuk menentukan apakah suatu deret waktu mengikuti proses *random walk* atau tidak, yang mana *random walk* merupakan proses stokastik yang tidak stasioner (Dickey & Fuller, 1979).

Uji stasioneritas menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) dilakukan dengan hipotesis:

$$H_0: \delta = 0 \text{ } (\Delta Y_t \text{ tidak stasioner})$$

$$H_1: \delta < 0 \text{ } (\Delta Y_t \text{ stasioner})$$

Model uji *Augmented Dickey-Fuller Test* (ADF *Test*):

$$\Delta Y_t = \mu + \rho Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \Phi_i \Delta Y_{t-1} + e_t \quad (2.4)$$

dengan

$\rho = \sum_{i=1}^p \Phi_i - 1$, $\Phi_i = -\sum_{j=i+1}^m \varphi_j$, e_t adalah variabel *error*, $i = 1, 2, \dots, p$ dan $j = i + 1, i + 2, \dots, m$.

Sehingga diperoleh statistik uji:

$$t_{ADF} = \frac{\sum_{i=1}^p \varphi_i - 1}{std.error(\sum_{i=1}^p \varphi_i)} \quad (2.5)$$

H_0 ditolak jika $t_{ADF} < t_{McKinnon}$ atau jika $p\text{-value} < 0.05$.

2.3 Differencing (Pembedaan)

Menurut Kirchgassner & Wolters (2007), *differencing* digunakan untuk mengubah data tidak stasioner menjadi stasioner. *Differencing* dilakukan dengan cara mengurangi nilai data pada waktu (t) dengan nilai data pada waktu sebelumnya ($t - 1$). Jika y_t adalah nilai pada waktu (t) maka *differencing* pertama didefinisikan sebagai:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} \quad (2.6)$$

Jika *differencing* pertama belum cukup untuk membuat data stasioner, maka *differencing* kedua dapat diterapkan:

$$\Delta^2 y_t = \Delta y_t - \Delta y_{t-1} = (y_t - y_{t-1}) - (y_{t-1} - y_{t-2}) \quad (2.7)$$

Jika data memiliki tren yang sangat kompleks sehingga *differencing* pertama dan kedua belum cukup untuk membuat data stasioner, maka *differencing* ketiga dapat diterapkan. Namun, dalam penerapannya seringkali sudah cukup hanya dengan *differencing* pertama atau kedua untuk membuat data menjadi stasioner. Menerapkan *differencing* ketiga juga dapat berisiko kehilangan terlalu banyak informasi, sehingga model yang dihasilkan menjadi terlalu sederhana dan kurang representatif terhadap dinamika sebenarnya.

2.4 Panjang *Lag* Optimal

Menurut Kirchgassner & Wolters (2007), *lag* adalah selang waktu antara dua peristiwa atau kejadian yang berkaitan. Panjang *lag* dapat ditentukan menggunakan kriteria sebagai berikut:

1. *Akaike Information Criteria* (AIC)

$$AIC = \ln|\sum \hat{\mathbf{u}}\hat{\mathbf{u}}(\mathbf{p})| + (k + pk^2) \frac{2}{T} \quad (2.8)$$

2. *Bayesian Criteria of Gideon Schwarz* (SC)

$$SC(p) = \ln|\sum \hat{\mathbf{u}}\hat{\mathbf{u}}(\mathbf{p})| + (k + pk^2) \frac{2 \ln(\ln T)}{T} \quad (2.9)$$

3. *Final Prediction Error* (FPE)

$$FPE(p) = \left[\frac{T+kp+1^2}{T-kp-1} \right] \ln|\sum \hat{\mathbf{u}}\hat{\mathbf{u}}(\mathbf{p})| \quad (2.10)$$

4. *Hannan-Quinn Criteria* (HQ)

$$HQ = \ln|\sum \hat{\mathbf{u}}\hat{\mathbf{u}}(\mathbf{p})| + (k + pk^2) \frac{\ln T}{T} \quad (2.11)$$

dengan $|\sum \hat{\mathbf{u}}\hat{\mathbf{u}}(\mathbf{p})|$ merupakan determinan dari matriks kovarian model VAR(p), k menyatakan jumlah variabel, T adalah jumlah pengamatan, dan p menunjukkan panjang *lag* dari model VAR. Panjang *lag* yang dipilih ditentukan dengan melihat nilai terkecil dari masing-masing kriteria.

2.5 Kointegrasi Johansen

Konsep kointegrasi yang diperkenalkan oleh Engle dan Granger pada tahun 1987, digunakan untuk mengidentifikasi adanya hubungan jangka panjang antar data deret waktu. Jika data deret waktu tersebut saling terkointegrasi, maka hal ini menunjukkan bahwa di antara data tersebut terdapat keterkaitan jangka panjang (Granger & Engle, 1987).

Metode yang digunakan untuk menguji adanya hubungan kointegrasi adalah uji kointegrasi Johansen. Menurut Johansen (1988), pengujian kointegrasi umumnya

hanya berlaku untuk variabel-variabel yang memiliki tingkat integrasi orde nol ($I(0)$) atau orde satu ($I(1)$).

Secara umum, model VAR(p) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\Delta Y_t = \Pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-1} + e_t \quad (2.12)$$

dengan

ΔY_t : Vektor *differencing* dari variabel endogen pada waktu t ($Y_t - Y_{t-1}$)

Π : Matriks koefisien kointegrasi

y_{t-1} : Vektor variabel endogen pada *lag* pertama

Γ_i : Matriks variabel *differencing* pada *lag* ke- i

p : Jumlah *lag*

e_t : Vektor *error*

Persamaan (2.12) memuat informasi tentang mekanisme penyesuaian jangka pendek maupun jangka panjang terhadap perubahan dalam y_t . Nilai *Rank* dari matriks Π (r) menunjukkan jumlah vektor kointegrasi dari y_t yang bersifat stasioner. Jika $0 < r < n$, maka terdapat r vektor kointegrasi yang stasioner dalam y_t . Dalam kondisi ini, matriks Π dapat diuraikan menjadi $\Pi = \alpha\beta'$, dengan α merupakan matriks penyesuaian dan β merupakan vektor kointegrasi. Matriks α merepresentasikan laju penyesuaian terhadap ketidakseimbangan jangka pendek, sedangkan β berisi koefisien jangka panjang dan mencakup vektor-vektor kointegrasi.

Pengujian kointegrasi dilakukan dengan menggunakan dua jenis statistik, yaitu *trace statistic* dan *maximum eigen value statistic*.

1. Uji *trace statistic*

$$Tr(r) = -T \sum_{i=r+1}^k \log(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (2.13)$$

Hipotesis:

H_0 : Terdapat paling banyak r *eigen value* positif

H_1 : Terdapat lebih dari r *eigen value* positif

2. Uji *maximum eigen value*

$$\lambda_{\max}(r, r+1) = -T \log(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (2.14)$$

dengan hipotesis yang digunakan yaitu

H_0 : Terdapat r *eigen value* positif

H_1 : Terdapat $r + 1$ *eigen value* positif

$\hat{\lambda}_i$ merupakan estimasi dari nilai eigen, T adalah jumlah pengamatan, dan k menunjukkan jumlah variabel endogen.

Pengujian dimulai dari $r = 0, 1, \dots, k - 1$, dengan H_0 ditolak jika nilai statistik uji, baik *trace* atau *maximum eigenvalue* lebih kecil dari $\alpha = 5\%$ (Kirchgassner & Wolters, 2007).

2.6 *Vector Autoregressive* (VAR)

Menurut Gujarati (2004), model *Vector Autoregressive* (VAR) adalah suatu pendekatan pemodelan yang melibatkan sejumlah variabel endogen secara simultan, dimana setiap variabel endogen dijelaskan tidak hanya oleh *lag* dari dirinya sendiri, tetapi juga oleh *lag* dari variabel endogen lainnya yang terdapat dalam model. VAR dimodelkan dalam persamaan berikut:

$$\mathbf{z}_t = \sum_{i=1}^p \Phi_i \Delta \mathbf{z}_{t-i} + \mathbf{e}_t \quad (2.15)$$

dengan:

$\mathbf{z}_t$: vektor berukuran $p \times 1$ berisi variabel endogen pada waktu t

Φ_i : matriks koefisien vektor $\mathbf{z}_{t-i}$ untuk setiap $i = 1, 2, \dots, p$

$\mathbf{e}_t$: vektor *error* berukuran $p \times 1$

2.7 Uji Stabilitas *Vector Autoregressive* (VAR)

Stabil atau tidaknya estimasi VAR yang dibentuk dapat diketahui melalui uji stabilitas VAR. Stabilitas VAR dapat dievaluasi melalui *inverse roots* dari *Autoregressive* (AR) *characteristic polynomial*. Suatu model VAR dianggap stabil jika seluruh akar dari polinomial tersebut memiliki modulus kurang dari satu dan berada sepenuhnya di dalam lingkaran satuan (*unit circle*) (Gujarati, 2004).

Menurut Lutkepohl (2005), model VAR(p) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mathbf{z}_t = \mathbf{c} + \Phi_1 \mathbf{z}_{t-1} + \dots + \Phi_p \mathbf{z}_{t-p} + \mathbf{e}_t \quad (2.16)$$

Jika tahapan dimulai misal pada saat $t = 1$, maka

$$\begin{aligned} \mathbf{z}_1 &= \mathbf{c} + \Phi_1 \mathbf{z}_0 + \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{z}_2 &= \mathbf{c} + \Phi_2 \mathbf{z}_1 + \mathbf{e}_2 \\ &= \mathbf{c} + \Phi_1(\mathbf{c} + \Phi_1 \mathbf{z}_0 + \mathbf{e}_1) + \mathbf{e}_2 \\ &= (\mathbf{I}_K + \Phi_1)\mathbf{c} + \Phi_1^2 \mathbf{z}_0 + \Phi_1 \mathbf{e}_1 + \mathbf{e}_2 \\ &\vdots \\ \mathbf{z}_t &= (\mathbf{I}_K + \Phi_1 + \dots + \Phi_1^{t-1})\mathbf{c} + \Phi_1^t \mathbf{z}_0 + \sum_{i=0}^{t-1} \Phi_1^i \mathbf{e}_{t-i} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Jika seluruh nilai eigen dari Φ_1 memiliki modulus kurang dari satu, maka model $\mathbf{z}_t$ merupakan proses stokastik yang didefinisikan:

$$\mathbf{z}_t = \boldsymbol{\mu} + \sum_{i=0}^{t-1} \Phi_1^i \mathbf{e}_{t-i}, \quad t = \dots -1, 0, 1, \dots \quad (2.18)$$

dengan $\mathbf{z}_t$ adalah vektor $\mathbf{z}$ pada waktu t berukuran $m \times 1$, Φ_1 adalah matriks berukuran $m \times m$, $i = 1, 2, \dots, p$, dan $\boldsymbol{\mu} = (\mathbf{I}_K + \Phi_1)^{-1}$.

Seluruh nilai eigen pada matriks $\mathbf{A}$ berukuran $m \times m$ memiliki modulus kurang dari satu jika dan hanya jika $\det(\mathbf{I}_m - \mathbf{A}_z) \neq 0$ untuk $|z| \leq 1$, maka polinomial dari $\det(\mathbf{I}_m - \mathbf{A}_z)$ tidak memiliki akar yang berada pada lingkaran satuan (Lutkepohl, 2005). Oleh karena itu, $\mathbf{z}_t$ stabil jika:

$$\det(\mathbf{I}_{KP} - \Phi_z) \neq 0 \text{ untuk } |z| \leq 1 \quad (2.19)$$

Karakteristik polinomial pada matriks tersebut disebut sebagai karakteristik polinomial dari proses VAR(p), sehingga persamaan (2.18) dikatakan stabil jika:

$$\det(\mathbf{I}_{KP} - \Phi_z) = \det(\mathbf{I}_K - \Phi_{1z} - \dots - \Phi_{pz}^p) \quad (2.20)$$

2.8 Vector Error Correction Model (VECM)

Model *Vector Error Correction Model* (VECM) digunakan untuk menganalisis data deret waktu yang tidak stasioner, tetapi memiliki hubungan kointegrasi antar variabel. VECM merupakan bentuk terbatas (terestriksi) dari model VAR, sehingga

model ini sering dianggap sebagai varian dari VAR yang dirancang khusus untuk menangani data non-stasioner yang berkointegrasi (Lutkepohl, 2005). Dalam penerapannya, VECM memerlukan beberapa tahapan, di antaranya adalah: uji stasioneritas, penentuan lag optimal, pengujian kointegrasi dengan metode Johansen, serta uji kausalitas untuk mengetahui arah hubungan antar variabel. Setelah model VECM terbentuk, analisis lanjutan seperti *Impulse Response Function* (IRF) digunakan untuk menggambarkan respons dinamis sistem terhadap suatu guncangan (*shock*) pada salah satu variabel. Secara umum, model VAR yang tidak dibatasi (*unrestricted VAR*) dan memiliki lag hingga lag ke- i dapat dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$\mathbf{z}_t = \mathbf{A}_1 \mathbf{z}_{t-1} + \mathbf{A}_2 \mathbf{z}_{t-2} + \dots + \mathbf{A}_i \mathbf{z}_{t-i} + \mathbf{e}_t \quad (2.21)$$

dengan

$\mathbf{z}_t$: Vektor variabel endogen pada waktu t .

$\mathbf{A}_1$: Matriks parameter berukuran $m \times m$ (mengukur pengaruh lag ke- j dari masing-masing variabel terhadap nilai saat ini)

i : Panjang lag dalam model VAR

$\mathbf{e}_t$: Vektor *error* pada waktu t

Karena terdapat hubungan kointegrasi maka model VAR pada persamaan (2.21) akan berubah menjadi model VECM menggunakan $\mathbf{z}_{t-1}$ (*differencing* pertama). Menurut Lutkepohl (2005), model VECM(p) dengan variabel endogen dan rank kointegrasi $r \leq k$ adalah sebagai berikut:

$$\Delta \mathbf{z}_t = \mathbf{\Pi} \mathbf{z}_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \mathbf{\Gamma}_i \Delta \mathbf{z}_{t-i} + \mathbf{e}_t \quad (2.22)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, p-1$, $\Delta \mathbf{z}_t$ adalah vektor *differencing* pertama variabel endogen, $\mathbf{\Pi}$ adalah matriks koefisien kointegrasi $m \times m$ dengan $\mathbf{\Pi} = \mathbf{\alpha} \mathbf{\beta}'$, $\mathbf{\Gamma}_i$ adalah matriks variabel *differencing*, dan $\mathbf{e}_t$ adalah vektor *error* pada waktu t .

2.9 Maximum Likelihood Estimation (MLE)

Maximum Likelihood Estimation (MLE) merupakan metode statistik yang digunakan untuk menduga parameter suatu model berdasarkan data yang diamati.

Prinsip dasar dari metode ini adalah memaksimalkan fungsi *likelihood*, yaitu fungsi yang menyatakan peluang munculnya data tertentu berdasarkan parameter model yang diasumsikan. Dalam VECM, metode MLE digunakan untuk mengestimasi parameter model seperti koefisien autoregresif dan parameter kointegrasi yang menggambarkan hubungan jangka panjang antar variabel (Tsay, 2014).

Proses estimasi dilakukan dengan asumsi bahwa *error term* $\mathbf{e}_t$ bersifat independen dan identik terdistribusi normal ($iid \mathbf{e}_t \sim N(0, \Sigma)$), di mana Σ adalah matriks kovarian dari *error*. Fungsi kepekatatan peluang $\mathbf{e}_t$ dituliskan berikut:

$$f(\mathbf{e}_t, \Sigma) = \frac{1}{2\pi^{l/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp \left[-\frac{1}{2} \mathbf{e}_t^T \Sigma^{-1} \mathbf{e}_t \right] \quad (2.23)$$

dengan l adalah dimensi vektor $\mathbf{e}_t$, dan $|\Sigma|$ adalah determinan matriks kovarians. Untuk mengestimasi parameter dalam VECM, metode MLE biasanya diterapkan melalui pendekatan numerik, seperti *Reduced-Rank Regression* dan prosedur Johansen, yang memungkinkan estimasi terhadap matriks kointegrasi $\Pi = \alpha\beta'$ dengan β menunjukkan vektor kointegrasi dan α menggambarkan kecepatan penyesuaian terhadap ketidakseimbangan jangka panjang (Tsay, 2014).

2.10 Vector Error Correction Model Exogenous (VECMX)

Model VECM dapat memperhitungkan nilai deterministik seperti konstanta, tren linear, ataupun variabel *dummy* musiman. Selain itu, variabel eksogen juga bisa dimasukkan dalam model. Menurut Seo (1999), variabel eksogen yang stasioner dapat dimasukkan sebagai variabel independen bersama dengan *lag* mereka seperti dalam model berikut:

$$\Delta \mathbf{z}_t = \Pi \mathbf{z}_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta \mathbf{z}_{t-i} + \sum_{i=0}^S \Phi_i \mathbf{x}_{1,t-1} + \mathbf{e}_t \quad (2.24)$$

dengan Δ adalah operator *differencing*, $\Delta \mathbf{z}_t = \mathbf{z}_t - \mathbf{z}_{t-1}$, $\mathbf{z}_{t-1}$ adalah vektor variabel endogen saat *lag* -1, Π adalah matriks kointegrasi $k \times k$ dengan $\Pi = \alpha\beta'$. α adalah matriks penyesuaian $r \times k$ dan β adalah matriks kointegrasi $r \times k$. $\mathbf{x}_1$ adalah vektor variabel eksogen, $\mathbf{x}_{1,t-1}$ adalah vektor variabel eksogen pada saat *lag*-1, Γ_i adalah matriks koefisien $k \times k$ untuk variabel endogen ke- i , Φ_i adalah

matriks koefisien $k \times m_i$ untuk variabel eksogen ke- i , e_t adalah vektor *error* pada waktu (t).

2.11 Uji Kausalitas Granger

Ketergantungan antar variabel dianalisis melalui uji kausalitas Granger (*Granger Causality*). Uji ini memanfaatkan uji F untuk menilai apakah perubahan pada suatu variabel dapat dijelaskan oleh perubahan pada variabel lainnya.

Hipotesis:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_q = 0$ (tidak ada hubungan kausalitas)

H_1 : setidaknya ada satu $\beta_j \neq 0$, untuk $j = 1, 2, 3 \dots, q$ (ada hubungan kausalitas)

Statistik uji:

$$F_{test} = \frac{(JG_0 - JG_1)/p}{JG_1/(T - 2p - 1)} \quad (2.25)$$

dengan

JG_0 : Jumlah Kuadrat Galat dari model VAR univariat (tanpa variabel independen tambahan)

JG_1 : Jumlah Kuadrat Galat dari model VAR lengkap (dengan semua variabel)

p : jumlah *lag*

T : jumlah data ($2n$)

dengan kriteria uji, jika $F_{test} > F_{(\alpha, p, T-2p-1)}$ maka tolak H_0 (Granger, 1969).

2.12 Impulse Response Function (IRF)

Menurut Pindyck & Rubinfeld (1998), *Impulse Response Function* (IRF) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengamati bagaimana reaksi suatu variabel endogen terhadap suatu guncangan (*shock*) yang berasal dari variabel endogen lainnya. Analisis IRF didasarkan dari model VAR. Misal jika digunakan dua variabel dalam bentuk persamaan VAR pada persamaan (2.26).

$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{10} \\ a_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

Bentuk umum model persamaan (2.26) diasumsikan mencapai kestabilan saat

$$\mathbf{z}_t = \boldsymbol{\mu} + \sum_{i=0}^{\infty} \mathbf{A}_1^i \mathbf{e}_{t-i}$$

$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

Transformasi model VAR menggunakan perkalian dengan matriks $\mathbf{B}^{-1}$ sehingga diperoleh model VAR dalam bentuk:

$$\mathbf{z}_t = \mathbf{A}_0 + \mathbf{A}_1 \mathbf{z}_{t-1} + \mathbf{e}_t \quad (2.28)$$

dengan $\mathbf{A}_0 = \mathbf{B}^{-1}\boldsymbol{\Gamma}_0$, $\mathbf{A}_1 = \mathbf{B}^{-1}\boldsymbol{\Gamma}_1$, dan $\mathbf{e}_t = \mathbf{B}^{-1}\mathbf{e}_t$.

Menggunakan transformasi $\mathbf{e}_t = \mathbf{B}^{-1}\mathbf{e}_t$, vektor $\mathbf{e}_{1t}$ dan $\mathbf{e}_{2t}$ pada persamaan (2.27) dapat ditulis ulang sebagai:

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} = \frac{1}{1-b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{xt} \\ e_{yt} \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

Sehingga persamaan (2.26) dan (2.27) dapat digabung ke dalam bentuk:

$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \end{bmatrix} + \frac{1}{1-b_{12}b_{21}} \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{1t-1} \\ e_{2t-1} \end{bmatrix} \quad (2.30)$$

Persamaan (2.30) dapat disederhanakan ke dalam matriks $\boldsymbol{\Phi}$ sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \Phi_{11}(i) & \Phi_{12}(i) \\ \Phi_{21}(i) & \Phi_{22}(i) \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} e_{xt-1} \\ e_{yt-1} \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

dimana $\Phi_{jk}(i)$ disebut sebagai *Impulse Response Function*, yang menunjukkan respon x_t dan y_t terhadap *shock* pada variabel lain.

Persamaan (2.30) dapat dituliskan kembali ke dalam bentuk:

$$\mathbf{z}_t = \boldsymbol{\mu} + \sum_{i=0}^{\infty} \boldsymbol{\Phi}_i \mathbf{e}_{t-1} \quad (2.32)$$

Cara terbaik untuk menggambarkan perilaku x_t dan y_t dalam merespon *shock* adalah dengan membuat plot *impulse function* dari koefisien $\boldsymbol{\Phi}_{jk}(i)$ (Enders, 2015).

2.13 Saham

Saham adalah surat berharga yang menjadi bukti kepemilikan seseorang terhadap suatu perusahaan, serta mencerminkan hak investor atas perusahaan yang menerbitkan saham tersebut (Husnan, 2005). Investasi saham memberikan potensi keuntungan yang sebanding dengan tingkat risikonya, sesuai dengan prinsip investasi *high risk high return* dan *low risk low return*. Artinya semakin besar potensi keuntungan yang diharapkan, maka semakin tinggi pula risiko kerugian yang dapat terjadi, dan sebaliknya (Hadi, 2013).

Harga saham (*stockprice*) adalah harga yang terjadi di pasar saham yang akan menentukan besarnya nilai suatu perusahaan. Semakin tinggi harga saham suatu perusahaan yang ada di pasar modal, maka dapat disimpulkan bahwa perusahaan tersebut mampu mengelola aktiva dengan baik (Tandelilin dkk., 2007). Menurut Fakhrudin & Hadianto (2001), terdapat tujuh jenis harga saham yang dapat dikategorikan di pasar modal, yaitu:

1. *Previous price*, harga penutupan saham pada hari perdagangan sebelumnya.
2. *Opening price*, harga saham ketika pertama kali diperdagangkan pada awal sesi perdagangan.
3. *Highest price*, harga tertinggi yang dicapai oleh saham selama sesi perdagangan pada hari tersebut.
4. *Lowest price*, harga terendah yang dicapai oleh saham selama sesi perdagangan pada hari itu.
5. *Close price*, harga saham pada saat sesi perdagangan berakhir di hari tersebut.
6. *Change price*, perbedaan (selisih) antara *opening price* dan *close price*.

2.14 Inflasi

Inflasi merupakan kondisi di mana terjadi kenaikan harga barang dan jasa dalam jangka waktu tertentu. Menurut Blanchard (2021), inflasi merupakan fenomena ekonomi dimana daya beli mata uang menurun, yang artinya dengan jumlah uang

yang sama hanya dapat membeli lebih sedikit barang dan jasa dibanding waktu sebelumnya. Inflasi dapat terjadi karena berbagai penyebab, seperti meningkatnya permintaan, naiknya biaya produksi, serta faktor-faktor lainnya.

Menurut Mankiw (2021), inflasi dapat diukur dengan indeks harga konsumen (IHK) atau indeks harga produsen (IHP), yang melacak perubahan harga dari suatu barang dan jasa yang mewakili konsumsi rumah tangga atau biaya produsen. Untuk mengendalikan laju inflasi, pemerintah melalui bank sentral menetapkan kebijakan moneter, seperti pengaturan suku bunga dan pengendalian jumlah uang beredar.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun akademik 2024/2025, bertempat di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data harga penutupan saham (*close stockprice*) perbankan di Indonesia diantaranya yaitu Bank Rakyat Indonesia (BRI), Bank Central Asia (BCA) dan Bank Mandiri, serta inflasi di Indonesia. Ketiga saham perbankan tersebut berperan sebagai variabel endogen, sedangkan inflasi sebagai variabel eksogen. Data yang digunakan adalah data bulanan sejak Januari 2013 hingga Desember 2023 dengan total data yang digunakan sebanyak 132 data.

Data harga penutupan saham perbankan diperoleh dari *website* <https://id.investing.com>. Sedangkan, data inflasi diperoleh dari *website* <https://www.bi.go.id>.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini mengkaji *Vector Error Correction Model Exogenous* (VECMX) yang diterapkan pada data harga saham perbankan dan inflasi di Indonesia. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis deskriptif data harga penutupan saham BCA, BRI, dan Bank Mandiri juga data inflasi di Indonesia yang diperoleh dari periode Januari 2013 hingga Desember 2023.
2. Mengidentifikasi Model
 - a. Melakukan uji stasioneritas data menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF Test). Jika nilai ADF lebih besar dari nilai kritis ($p\text{-value} > 0,05$) maka data tidak stasioner. Jika data terbukti tidak stasioner maka akan dilakukan proses *differencing*.
 - b. Menentukan panjang *lag* optimum untuk model dengan cara melihat nilai terkecil dari beberapa kriteria yaitu AIC, FPE, HQ, dan SC.
 - c. Melakukan uji stabilitas model, hal ini perlu dilakukan karena memiliki pengaruh terhadap *Impulse Response Function* (IRF) karena jika model tidak stabil maka IRF menjadi tidak valid. Model dianggap stabil ketika setiap *unit roots* karakteristik polinomialnya memiliki modulus ≤ 1 dan berada dalam *unit circle*.
 - d. Melakukan uji kausalitas Granger untuk menilai hubungan sebab-akibat antar variabel endogen dengan menggunakan uji statistik Wald yang berdistribusi *chi-square* (χ^2). Variabel x dikatakan “*granger-cause*” variabel y jika nilai $\chi^2 < 0,05$.
 - e. Melakukan uji kointegrasi menggunakan uji kointegrasi Johansen. Jika hasil pengujian menunjukkan tidak ada kointegrasi antar variabel, maka digunakan VARX(p, s). Namun, jika terdapat kointegrasi, maka digunakan model VECMX(p, s).
3. Pendugaan parameter model
 Model VECMX(p, s) di mana p adalah jumlah *lag* untuk variabel endogen dan s untuk variabel eksogen, dipilih berdasarkan nilai AIC terkecil. Setelah model

ditetapkan, dilakukan pendugaan parameter dengan membentuk matriks koefisien kointegrasi (Π), matriks *differencing* (Γ), serta matriks koefisien variabel eksogen (Φ).

4. Analisis *Impulse Response Function* (IRF)

Analisis IRF dilakukan dengan menggunakan representasi grafik dari *Vector Moving Average* (VMA) untuk mengamati dampak *shock* antar variabel, baik antar variabel yang berbeda maupun terhadap dirinya sendiri pada model VAR/VECM.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat hubungan kausalitas satu arah antara saham BCA terhadap saham BRI dan Bank Mandiri, yang berarti pergerakan harga saham BCA dapat memengaruhi pergerakan harga saham BRI dan Bank Mandiri tetapi sebaliknya pergerakan harga saham BRI dan Bank Mandiri tidak memengaruhi pergerakan harga saham BCA. Kemudian, terdapat hubungan kausalitas satu arah antara saham BRI terhadap saham Bank Mandiri, yang berarti pergerakan harga saham BRI dapat memengaruhi pergerakan harga saham Bank Mandiri namun pergerakan harga saham Bank Mandiri tidak memengaruhi pergerakan harga saham BRI.
2. Hasil pada analisis IRF menunjukkan bahwa respon dari satu variabel terhadap *shock* dari variabel lainnya maupun dirinya sendiri bervariasi dengan dampak awal yang umumnya signifikan sebelum mencapai keseimbangan (stabil) di periode berikutnya. *Shock* pada saham BCA memberikan dampak yang positif terhadap saham BRI dan Bank Mandiri dalam jangka pendek hingga menengah, sementara *shock* pada saham BRI menunjukkan reaksi yang kuat di awal namun mereda dalam jangka panjang. Kemudian, *shock* pada saham Bank Mandiri berdampak positif terhadap saham BCA dan BRI setelah mengalami fluktuasi di awal. Secara keseluruhan, pergerakan harga saham lebih dipengaruhi oleh pergerakan historisnya sendiri, dengan dampak *shock* yang seiring waktu cenderung mereda dan mencapai kestabilan dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Blanchard, O. 2021. Macroeconomics: Past, Present, and Future. *Journal of Economic Perspectives*. **35**(4): 3-16.
- Box, G.E.P. & Jenkins, G.M. 1994. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Third Edition. Prentice Hall, New Jersey.
- Dickey, D.A., & Fuller, W.A. 1979. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*. **74**(366): 427-431.
- Enders, W. 2015. *Applied Econometrics Time Series*. John Wiley and Sons, New Jersey.
- Fakhruddin, M., & Hadiano. 2001. *Perangkat dan Model Analisis Investasi Pasar Modal*. Gramedia, Jakarta.
- Granger, J.W.C. 1969. Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrica*. **37**(3): 424-438.
- Granger, J.W.C., & Engle, F.R. 1987. Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*. **55**(2): 251-276.
- Gujarati, D.N. 2004. *Dasar-dasar Ekonometrika*. Edisi 5. Erlangga, Jakarta.
- Hadi, N. 2013. *Pasar Modal (Acuan Teoritis dan Praktis Investasi di Instrumen Pasar Modal)*. Graha Ilmu, Yogyakarta.

- Husnan, S. 2005. *Dasar-dasar Teori Portofolio dan Analisis Sekuritas*. UPP STIM YKPN, Yogyakarta.
- Johansen, S. 1988. Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamic Control*. **12**(2-3): 231-254.
- Johansen, S. & Juselius, K. 1990. Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. **52**(2): 169-210.
- Kirchgassner, G., & Wolters, J. 2007. *Introduction to Modern Time Series Analysis*. Springer-Verlaag, Berlin.
- Lutkepohl, H. 2005. *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer-Verlaag, Berlin.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Erlangga, Jakarta.
- Mankiw, N.G. 2021. *Principle of Economics*. 9th Edition. Cengage Learning.
- Pindyck, R.S., & Rubinfeld, D.L. 1998. *Econometric Model and Economic Forecast*. 4th Edition. McGraw-Hill, Boston.
- Seo, B. 1999. Statistical Inference on Cointegration Rank in Error Correction Models with Stationary Covariates. *Journal of Econometrics*. **85**: 339-385.
- Soejoeti, Z. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Karunika, Jakarta.
- Tandelilin, E., Prasetyo, A., & Wijaya, T. 2007. Corporate Governance, Risk Management, dan Kinerja Bank. *Jurnal Kajian Komunikasi*. **6**(2): 147-159.
- Tandelilin, E. 2010. *Portofolio dan Investasi Teori dan Aplikasi*. Kanisius, Yogyakarta.
- Tsay, R.S. 2014. *Multivariate Time Series Analysis*. John Wiley Inc, Chicago.

Usman, M., Loves, L., Russel, E., Ansori, M., Warsono., Widiarti., & Wamiliana. 2022. Analysis of Some Energy and Economics Variables by Using VECMX Model in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*. **12**(2): 91-102.

Zafar, S., & Khan, A.M. 2022. Global Oil Price and Exchange Rate: Evidence from the Monetary Model. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*. **9**(1): 189-201.