

**PENDEKATAN MODEL *VECTOR AUTOREGRESSIVE WITH
EXOGENOUS VARIABLE (VARX)* PADA PERAMALAN DATA HARGA
SAHAM SEKTOR MINYAK DAN GAS BUMI**

(Skripsi)

Oleh

HARMIWA PRATIWI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

Model Vektor Autoregresif dengan Variabel Eksogen (VARX) adalah model statistik yang digunakan untuk menganalisis data deret waktu multivariat. VARX mengasumsikan bahwa variabel dalam model terkait melalui hubungan linier, sehingga nilai variabel saat ini adalah fungsi linier dari nilai masa lalunya dan variabel yang memengaruhinya (eksogen). Oleh karena itu, model VARX dapat digunakan dalam memprediksi nilai masa depan. Peramalan pada model Vektor Autoregresif dengan Variabel Eksogen (VARX) melibatkan pembentukan nilai prediksi tentang nilai masa depan variabel dalam model berdasarkan nilai masa lalu dan nilai variabel eksogen yang ada. Dalam penelitian ini, model VARX diterapkan pada data harga saham sektor minyak dan gas bumi. Berdasarkan hasil analisis dengan bantuan software *R* diperoleh hasil model dengan lag optimum (1,3) dan peramalan dengan tingkat akurasi yang sangat baik pada salah satu variabel yang teliti dan tingkat akurasi baik untuk variabel lainnya.

Kata kunci: Model Vektor Autoregresif dengan Variabel Eksogenus (VARX), Lag, Peramalan.

ABSTRACT

The Autoregressive Vector Model with Exogenous Variable (VARX) is a statistical model used to analyze multivariate time series data. VARX assumes that the variables in the model are related through a linear relationship, so that the value of a current variables is a linear function of its past value and the variable which affect it (exogenous). Therefore, the VARX model can be used in predicting future values. Forecasting in an Autoregressive Vector Model with Exogenous Variables (VARX) involves establishing predictive values about the future values of variables in the model based on past values and existing values of exogenous variables. In this study, the VARX model is applied to stock price data for the oil and gas sector. Based on the analysis with R software, the results of the model with the optimum lag (1.3) and forecasting with a great level of accuracy for one of the precise variables and a good level of accuracy for the other variables.

Keywords: Autoregressive Vector Model with Exogenous Variables (VARX), Lag, Forecasting.

**PENDEKATAN MODEL *VECTOR AUTOREGRESSIVE WITH
EXOGENOUS VARIABLE (VARX)* PADA PERAMALAN DATA HARGA
SAHAM SEKTOR MINYAK DAN GAS BUMI**

Oleh

HARMIWA PRATIWI

Skripsi

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

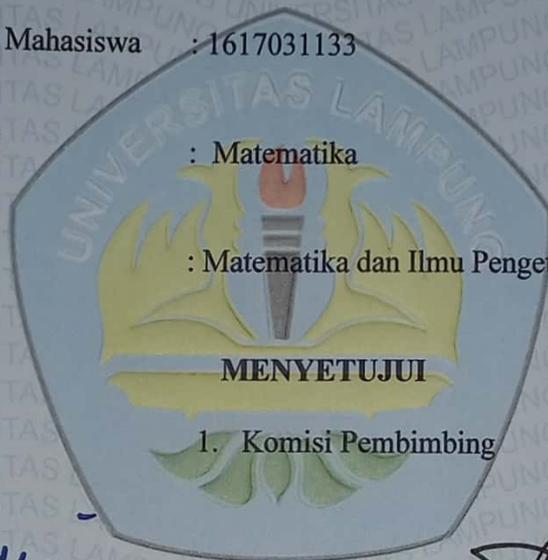
Judul Skripsi : PENDEKATAN MODEL *VECTOR*
AUTOREGRESSIVE WITH EXOGENUS
VARIABLE (VARX) PADA PERAMALAN
DATA HARGA SAHAM SEKTOR MINYAK
DAN GAS BUMI

Nama Mahasiswa : Harmiwa Pratiwi

Nomor Pokok Mahasiswa : 1617031133

Program Studi : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.
NIP 19740726 200003 2 001

Amanto, S.Si., M.Si.
NIP 19730314 200012 1 002

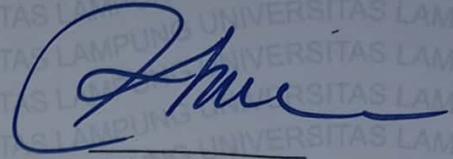
2. Ketua Jurusan Matematika

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

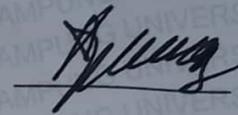
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

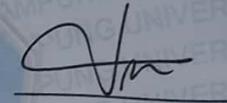
Ketua : Dr. Khoirin Nisa, M.Si.



Sekretaris : Amanto, S.Si., M.Si.



**Penguji
Utama : Drs. Nusyirwan, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Satripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.
NIP 19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Desember 2022

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Harmiwa Pratiwi**
Nomor Pokok Mahasiswa : **1617031133**
Jurusan : **Matematika**
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**PENDEKATAN MODEL VECTOR AUTOREGRESSIVE WITH EXOGENUS VARIABLE (VARX) PADA PERAMALAN DATA HARGA SAHAM SEKTOR MINYAK DAN GAS BUMI**" merupakan hasil saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya bukan merupakan hasil yang telah dipublikasikan atau ditulis orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan penyelesaian studi pada universitas atau institute lain.

Bandar Lampung, 23 Desember 2022

Penulis



Harmiwa Pratiwi
NPM. 1617031133

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Harmiwa Pratiwi lahir di Batu Lima pada tanggal 03 maret 1999. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan bapak Amir Hasan dan ibu Eli Santi.

Penulis mengawali pendidikan formal di SD N 2 Sidomulyo pada tahun 2004 sampai dengan 2010. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP N 2 Talang Padang pada tahun 2010 sampai dengan 2013. Kemudian menempuh pendidikan di SMK Ma'arif Ambarawa pada tahun 2013 sampai dengan 2016. Pada tahun 2016, melalui Jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP) penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswi S1 Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universita Lampung.

Selama menjadi mahasiswi, penulis bergabung dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) sebagai anggota biro Kesekretariatan periode 2017 dan periode 2018. Selain itu penulis juga mengikuti organisasi tingkat universitas yaitu *Association Internationale des Etudiants en Science Economiques et Commerciales* (AIESEC) sebagai *Quality Staff of Outgoing Global Volunteer (OGV)* periode 2018 dan dilanjutkan sebagai *Quality Manager of Outgoing Global Volunteer (OGV)* periode 2019. Pada awal 2019 Penulis melaksanakan Kuliah Praktik (KP) di Kanwil Diktorat Jendral Pajak Bengkulu dan Lampung. Kemudian pada pertengahan 2019, sebagai bentuk pengabdian pada masyarakat, penulis berkesempatan mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) Kebangsaan trilateral di desa Padasuka, kecamatan Warunggunung, Kabupaten Lebak, Banten. Selain itu, Penulis juga mendapatkan beasiswa *Coaching Clinic* batch 11 di Rumah Inggris pada tahun 2021, serta mendapat kesempatan mengikuti program *Intercultural Learning Project by Nanjing Normal University (NNU) China* pada tahun 2022.

KATA INSPIRASI

“BUNGA TIDAK MEKAR DI WAKTU BERSAMAAN”

‘FABIAYYI’ALAA IROBBIKUMA TUKADZIBAN’

(Q.S AR-RAHMAN 55 : 13)

“It Doesn't Matter How Slow You Go As Long As You Don't Stop”
(confisius)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Syukur Alhamdulillah atas Rahmat Allah

SWT kupersembahkan skripsi ini untuk:

**kedua orang tua tercinta ayahanda Amir Hasan
dan ibunda Eli Santi**

**adik-adikku Umi Nabila dan Muhammad Al-
fath Hafidz**

Teman dan Sahabat tersayang

*terima kasih atas semua dukungan dan do'a yang tak pernah
putus menyertaiku serta menjadi sumber canda tawa dan
semangat dalam setiap langkahku.*

SANWACANA

Alhamdulillah, Segala puji bagi Tuhan Yang Maha ESA yang telah memberikan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pendekatan Model *Vector Autoregressive With Exogenous Variable* (VARX) Pada Peramalan Data Harga Saham Sektor Minyak Dan Gas Bumi”.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menuturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Khoirin Nisa, M.Si., selaku dosen pembimbing 1 skripsi yang telah banyak memberikan arahan, bimbingan, dan waktu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Amanto, S.Si., M.Si., selaku pembimbing 2 Skripsi yang telah banyak membantu skripsi ini.
3. Bapak Drs. Nusyirwan, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberi masukan kepada penulis.
4. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

5. Ayah Amir Hasan dan ibu Eli Santi serta adik tersayang Umi Nabila dan Muhammad Al-Fath Hafidz yang tidak pernah berhenti memberikan do'a dan semangat kepada penulis.
6. Teman teman Anes, Anissa, Cindy, Hanna, Novta, Salsa, Sari, dan Tiya selaku teman seperjuangan dalam masa kuliah.
7. Seluruh pihak yang telah berperan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar dapat lebih baik di masa yang akan datang. Akhir kata, terima kasih.

Bandar Lampung, 23 Desember 2022

Penulis,

Harmiwa Pratiwi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Multivariat <i>Time Series</i>	4
2.2 Stasioneritas	5
2.3 2.2.1 Augmented Dickey Fuller Test	7
2.4 Kointegrasi	8
2.5 Penentuan Lag	9
2.6 Vector Autoregressive (VAR).....	10
2.7 Vector Autoregressive with Exogenous Variable (VARX)	11
2.8 2.6.1 VARX Parameter Estimation	11
2.9 2.6.2 Uji Signifikansi Parameter	13
2.10 Kausalitas Granger	13
2.11 Uji Normalitas Residual	14
2.12 Uji White <i>Noise</i>	16

2.13 Forecasting	17
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Data Penelitian	19
3.3 Metode Penelitian	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Deskriptif	21
4.2 Stasioneritas Data	25
4.3 Uji Kointegrasi	28
4.4 Penentuan Lag Order (p,q)	28
4.5 Pembentukan Model VARX dan Uji Signifikansi Estimasi Parameter	30
4.5.1 Uji Signifikansi Estimasi Parameter	31
4.6 Uji Kausalitas Granger	33
4.7 Uji Normalitas Residual Multivariat	34
4.8 Uji White Noise	35
4.9 Forecasting	36
V. KESIMPULAN	38

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Analisis deskriptif variabel SURE, PKPK, RUIS, Kurs dan <i>Crude oil</i>	18
2. Hasil uji ADF variabel SURE, PKPK, RUIS, Kurs dan <i>Crude oil</i>	25
3. Hasil uji ADF differencing (1) variabel SURE, PKPK, RUIS, Kurs dan <i>Crude oil</i>	27
4. Hasil Uji kointegrasi variabel SURE, PKPK, RUIS, Kurs dan <i>Crude oil</i>	28
5. Nilai uji AIC lag (p).....	29
6. Nilai uji AIC lag(q)	29
7. Nilai koefisien model	30
8. Nilai uji parameter.....	32
9. Nilai uji kausalitas Granger	33
10. Jarque Berra <i>Test</i>	34
11. Uji <i>white noise</i>	35
12. Hasil peramalan.....	36
13. Nilai MAPE	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Plot data penutupan harga saham PT Super Energi Tbk (SURE).....	22
2. Plot data penutupan harga saham PT. Perdana Karya Pekasa Tbk (PKPK)	23
3. Plot data penutupan harga saham PT. Radian Utama Interisco Tbk (RUIS) ...	23
4. Plot data Nilai tukar Rupiah-Dollar (Kurs).....	24
5. Plot Data harga <i>Crude oil</i>	24
6. Plot differencing (1) variabel variabel SURE, PKPK, RUIS, Kurs dan <i>Crude oil</i>	27

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Peramalan adalah salah satu kegiatan pengambilan Keputusan yang bertujuan untuk memprediksi perkembangan fenomena dimasa mendatang. Keputusan seringkali bergantung pada beberapa hal yang tidak dapat dilihat pada saat keputusan itu diambil, sehingga peramalan dapat membantu dalam pengambilan keputusan tersebut. Peramalan dapat dilakukan di berbagai bidang, baik bidang ekonomi maupun bidang sosial. Terdapat dua metode peramalan yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif biasanya berdasarkan pendapat dan hanya dilakukan analisis secara deskriptif tanpa menggunakan perhitungan matematis. Sedangkan metode kuantitatif dideskripsikan dari hasil perhitungan secara matematis.

Analisis data *time series* merupakan salah satu contoh analisis pada metode kuantitatif. Analisis ini digunakan untuk melihat suatu bentuk model dari sebuah fenomena dan untuk mengetahui prediksi dari suatu peristiwa yang akan terjadi di masa mendatang berdasarkan *history* waktu. *Time series* merupakan serangkaian pengamatan terhadap suatu peristiwa, kejadian, gejala, ataupun variabel yang diambil dari waktu ke waktu dengan jarak atau interval yang sama, dicatat secara teliti menurut urutan waktu terjadinya, kemudian disusun sebagai data statistik (Makridakis dan Wheelwright, 1999).

Vector Autoregressive With Exogenous(VARX) adalah suatu model analisis data deret waktu yang di dalam persamaannya terdapat variabel endogen dan variabel

eksogen. VARX merupakan model lanjutan dari model *Vector Autoregressive* (VAR). *Vector Autoregressive* (VAR) sendiri merupakan pengembangan dari model *Autoregressive* (AR). Metode *Autoregressive* (AR) hanya memiliki satu peubah dan model *Vector Autoregressive* (VAR) memiliki banyak peubah (semua diasumsikan sebagai variabel endogen), sedangkan model VARX memiliki lebih dari satu variabel endogen dan peubah variabel eksogen. Variabel endogen adalah setiap variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain yang disebut sebagai variabel terikat, sedangkan variabel eksogen adalah setiap variabel yang mempengaruhi variabel lain dan tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya atau sering disebut variabel bebas.

Model VARX memiliki syarat bahwa setiap data yang digunakan harus stasioner, dan apabila data yang digunakan belum stasioner maka dilakukan *differencing*. Tidak hanya itu, data yang dipakai juga harus memenuhi asumsi tidak memiliki kointegrasi. Kointegrasi adalah data *random walk* yang kombinasi liniernya merupakan data time series yang stasioner.

Model Varx telah diaplikasikan di berbagai penelitian seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Lui dkk. pada tahun 2007 yang berjudul “*Modelling algal blooms using vector autoregressive model with exogenous variables and long memory filter*”, selanjutnya Rosyidah dkk. juga mengaplikasikan model ini pada tahun 2018 dalam meramalkan jumlah uang beredar dengan judul penelitian “*Pemodelan Vector Autoregressive X (Varx) Untuk Meramalkan Jumlah Uang Beredar Di Indonesia*”, Warsono dkk. 2018 pula mengaplikasikan model VARX ini dalam penelitian dengan judul “*Vector Autoregressive dengan Model Exogenous Variable dan Penerapannya dalam Pemodelan dan Peramalan Data Energi: Studi Kasus PTBA dan HRUM Energi*” serta Djurovic dkk. di tahun 2020 pula menggunakan model ini dalam penelitian dengan judul “*The macroeconomic effects of COVID-19 in Montenegro: a Bayesian VARX approach*”.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini penulis mengkaji penerapan model VARX data harga saham sektor minyak dan gas bumi di Indonesia dengan melibatkan pengamatan 2 variabel eksogen yaitu nilai tukar Rupiah-Dollar (Kurs rupiah) sebagai variabel eksogen pertama (X_1) dan harga minyak mentah (*Crude Oil*) sebagai variabel eksogen kedua (X_2).

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pendekatan model VARX pada data harga saham sektor minyak dan gas bumi di Indonesia dan memperoleh peramalan beberapa periode ke depan.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah wawasan dengan mengetahui model yang tepat dari hasil pendekatan metode VARX terhadap tiga data saham basis energi.
2. Mendapatkan Informasi tambahan untuk mengetahui hasil dari prediksi harga saham basis energi dimasa yang akan datang.
3. Mengetahui tahapan-tahapan yang dilalui hingga memperoleh model dari pendekatan VARX.
4. Menjadi referensi tambahan literasi dalam pengembangan metode yang lebih kompleks selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Multivariat *Time Series*

Multivariate berasal dari kata “*multi*” yang berarti banyak/lebih dari dua, dan “*variate*” yang berarti variabel (rencher, 2002). Analisis multivariat adalah analisis perkembangan dari analisis univariat (satu variabel) dan bivariat (dua variabel). Analisis multivariat sering kali digabungkan dengan analisis deret waktu karena selain mengamati banyaknya variabel sering kali masalah yang muncul berkaitan dengan waktu. Analisis yang berkaitan dengan waktu disebut dengan analisis deret waktu (*time series*).

Data deret waktu (*time series*) merupakan data yang dicatat, dikumpulkan atau observasi sepanjang waktu secara berurutan dengan beberapa periode waktu tahunan, kuartal, bulanan, mingguan dan beberapa kasus harian atau dalam jam. Data *time series* dianalisis untuk menemukan pola variansi di masa lalu yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai di masa depan. Data deret waktu yang memiliki dua atau lebih peubah disebut *multivariate time series*. Model *multivariate time series* melibatkan beberapa peubah yang tidak hanya runtut namun juga saling berkorelasi (Montgomery, dkk., 2008).

Analisis *time series* merupakan analisis yang mempelajari hubungan timbal balik antar waktu. Tujuan analisis *time series* adalah untuk menemukan sebuah model yang berguna, sehingga dapat direpresentasikan hasil dari model tersebut dalam melihat hubungan waktu yang terstruktur antara

beberapa variabel atau peristiwa yang kemudian dapat dievaluasi hubungan ini atau kemudian dapat dilakukan peramalan (*forecasting*) dari satu atau lebih variabel (Pankratz, 1991).

Data harga saham adalah salah satu contoh data runtun waktu yang diperlukan adanya peramalan. Dalam pembelian saham, seorang pembeli tidak bisa hanya melihat harga saat ia ingin membeli saham tersebut, tetapi pembeli tersebut harus memperhatikan harga saham sebelumnya dari waktu ke waktu, sehingga dapat memperhitungkan apakah nantinya dengan pembelian saham tersebut akan mendapatkan keuntungan atau tidak. Tidak hanya histori waktu yang dipertimbangkan, pembeli juga harus mempertimbangkan faktor eksternal yang ada, seperti harga tukar mata uang dan faktor eksternal lain yang mempengaruhi saham yang ingin dibeli tersebut.

Sesuai penjabaran yang telah dituliskan, maka secara singkat dapat kita simpulkan bahwa analisis multivariat *time series* adalah analisis yang dilakukan jika terdapat data deret waktu yang dipengaruhi oleh lebih dari dua faktor yang diukur secara bersamaan. Analisis deret waktu multivariat dilakukan karena pada kenyataan masalah yang terjadi sering kali melibatkan lebih dari dua variabel yang harus diamati dengan contoh masalah dalam pengkajian pada data harga saham.

2.2 Stasioneritas

Stasioneritas adalah sebuah uji yang dilakukan untuk melihat rata-rata dan varian yang konstan pada data deret waktu. Stasioner berarti bahwa tidak terdapat perubahan drastis pada data. Jika proses pembangkitan yang mendasari suatu deret berkala didasarkan dengan nilai tengah (μ) konstan dan ragam (σ^2) yang konstan, maka deret berkala berupa stasioner (Makridakis, dkk., 1992).

Stasioneritas dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Stasioner dalam rata-rata

Stasioner dalam rata-rata adalah fluktuasi data berada di sekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak bergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut. Dari bentuk plot data seringkali dapat diketahui bahwa data tersebut stasioner atau tidak stasioner.

2. Stasioner dalam ragam.

Stasioner dalam ragam adalah kondisi data runtun waktu tidak memperlihatkan adanya perubahan ragam dari waktu ke waktu. Jika data tidak stasioner dalam ragam, maka data perlu diubah menjadi data yang stasioner dengan cara transformasi Box-Cox (Makridakis dan wheelwright, 1999).

Menurut Juanda dan Junaidi (2012) terdapat tiga cara umum digunakan dalam melakukan pendugaan terhadap kestasioneran data. Ketiga cara tersebut adalah sebagai berikut.

1. Melihat trend data dalam grafik.
2. Menggunakan koefisien autokorelasi dan korelogram.
3. Uji akar-akar unit (*unit root test*)

Apabila data deret waktu tidak menunjukkan rata-rata yang konstan, maka data belum stasioner dan dibuat deret baru dengan mendefereinsiasikan data, yaitu dengan menghitung perubahan kontinu pada deret untuk semua t . sebagai berikut:

$$Q_t = z_t - z_{t-1} \quad (2.1)$$

(Jika sebelumnya sudah dilakukan transformasi untuk menstabilkan ragam, maka series yang digunakan untuk dilakukan pembedaan adalah series z'_t bukan z_t). Dengan melakukan penghitungan sebanyak satu kali untuk semua t , maka disebut deferensi pertama (*first differencing*). Jika deret yang dihasilkan masih belum memiliki rata-rata yang konstan, maka dilakukan

deferensi kembali dari hasil deferensi yang pertama untuk semua t . Maka dapat divisualisasikan deret yang dihasilkan untuk deferensiasi kedua adalah sebagai berikut:

$$Q_t = P'_t - P'_{t-1} = (z_t - z_{t-1}) - (z_{t-1} - z_{t-2}) \quad (2.2)$$

Deret yang dihasilkan disebut pembedaan kedua (*second differences*) dari z_t . *Differencing* atau diferensiasi digunakan untuk mencapai stasioneritas yang dinotasikan dengan " d ". Sehingga untuk deferensi pertama ditulis dengan $d=1$, untuk deferensi kedua $d=2$ dan seterusnya. Pada banyak penelitian, jika data belum stasioner dan dilakukan diferensi, biasanya pada $d=1$ data sudah memiliki rata-rata yang konstan, sehingga $d > 2$ hampir tidak pernah diperlukan.

2.2.1 *Augmented Dickey Fuller Test*

Sejatinya stasioneritas sebuah data dapat dilihat secara langsung melalui bentuk plot yang dihasilkan, namun uji secara matematis juga dapat dilakukan dengan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Bentuk umum proses autoregresif dari uji ADF ditulis sebagai berikut.

$$\Delta y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \sum_n \alpha_j \Delta y_{t-n} + \varepsilon_t \quad (2.3)$$

dimana $n=1,2,\dots,p$ dengan p adalah jumlah lag yang dipilih untuk variabel Δy_t .

Hipotesis yang dipakai dalam penentuan keberhasilan adalah:

H_0 : y_t tidak stasioner atau y_t memiliki akar unit

H_1 : y_t stasioner atau y_t tidak memiliki akar unit

dengan uji statistik sebagai berikut:

$$\tau = \frac{\gamma}{\varepsilon(\gamma)} \quad (2.4)$$

keterangan:

τ : nilai uji ADF

γ : nilai duga untuk parameter *Autoregressive*

ε : standar error

dengan kesimpulan jika nilai τ -hitung lebih kecil dari $\alpha = 5\%$ maka tolak H_0 yang berarti data telah stasioner.

2.3 Kointegrasi

Dua variabel dikatakan terkointegrasi jika kedua variabel acak melakukan pergerakan bersama-sama dengan pola yang sama meskipun kedua variabel merupakan *random walk*. Pergerakan bersama tersebut dapat dimaknai sebagai pergerakan menuju kondisi keseimbangan dalam jangka panjang. Kointegrasi adalah suatu kondisi yang terjadi jika dua variabel acak yang masing-masing merupakan *random walk* atau tidak stasioner, tetapi kombinasi linier antara dua variabel tersebut merupakan *time series* yang stasioner (Nachrowi dan Usman, 2006).

Pengujian kointegrasi bisa dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah dengan uji kointegrasi Johansen. Uji kointegrasi Johansen dilakukan dengan uji trace (λ_{trace})

$$\lambda_{trace}(r) = -N \sum_{i=r+1}^m \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (2.5)$$

keterangan:

$\hat{\lambda}_i$: nilai eigen dari penduga

N : banyaknya pengamatan

m : banyaknya peubah endogen

dengan ketentuan:

$H_0 : \lambda_{trace} < \text{nilai } r \text{ tertentu}$ maka diartikan bahwa data tidak memiliki kointegrasi

$H_1 : \lambda_{trace} > \text{nilai } r \text{ tertentu}$ maka diartikan bahwa data memiliki kointegrasi. Jika data deret waktu setelah dideferensiasi tidak memiliki kointegrasi antar data maka analisis dengan menggunakan model VAR dapat dilanjutkan.

2.4 Penentuan Lag

Penentuan lag dibutuhkan untuk menangkap pengaruh untuk setiap kejadian pada model VAR. Kirchgassner and Wolters (2007) menyebutkan bahwa lag merupakan suatu jarak atau selang waktu diantara dua kejadian yang berkaitan. Penentuan lag dipilih dari hasil nilai paling minimum dari kriteria informasi yang didapatkan. Adapun kriteria informasi yang sering dipakai diantaranya:

- a. *Akaike Information Criteria (AIC)*

$$AIC(p) = \ln \left| \sum \hat{u} \hat{u}(p) \right| + (k + pk^2) \frac{2}{T} \quad (2.6)$$

- b. *Bayesian Criteria of Gideon Schwartz (SBC)*

$$SC(p) = \left| \sum \hat{u} \hat{u}(p) \right| + (k + pk^2) \frac{2 \ln(\ln(T))}{T} \quad (2.7)$$

- c. *Final Prediction Error (FPE)*

$$FPE(p) = \left[\frac{T+kp+1}{T-kp-1} \right]^k \left| \sum \hat{u} \hat{u}(p) \right| \quad (2.8)$$

- d. *Hannan-Quin Criterion (HQC)*

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

$\left| \sum \hat{u} \hat{u}(p) \right|$ merupakan determinan matriks kovarian dari model VAR (p). Matriks kovarian ini mengandung informasi tentang korelasi antara residu atau sisa-sisa dari model VAR (p) yang dapat digunakan untuk menilai kualitas model VAR (p) tersebut. Determinan matriks kovarian ini berguna untuk menentukan apakah model VAR (p) yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik atau tidak. Nilai determinan matriks kovarian yang paling kecil, maka model VAR (p) dianggap memiliki kualitas yang baik, k adalah banyaknya variabel, p merupakan panjang lag pada VAR, dan T adalah banyaknya observasi.

2.5 Vector Autoregressive (VAR)

Vector Autoregressive (VAR) adalah salah satu model data deret waktu yang dapat digunakan untuk menggambarkan perubahan data. Model VAR merupakan pengembangan dari model *Autoregressive* (AR) ke model deret waktu univariat. Model *time series* VAR memodelkan beberapa proses AR pada sebuah model dalam bentuk matriks. Model VAR secara sederhana untuk contoh kasus 2 variabel (bivariat) dapat digambarkan sebagai berikut

$$\begin{aligned} Y_{1t} &= c_1 + a_{11}y_{1,t-1} + a_{12}y_{2,t-1} + \varepsilon_{1t} \\ Y_{2t} &= c_2 + a_{21}y_{1,t-1} + a_{22}y_{2,t-1} + \varepsilon_{2t} \end{aligned} \quad (2.10)$$

dalam notasi matriks dapat ditulis:

$$\begin{bmatrix} Y_{1,t} \\ Y_{2,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_{1,t-1} \\ y_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

dan bentuk umum yang dihasilkan:

$$\mathbf{Y}_t = \mathbf{c} + \mathbf{A}_1 \mathbf{y}_{t-1} + \boldsymbol{\varepsilon}_t \quad (2.12)$$

sedangkan dalam bentuk Vektor *Autoregressive* yang berordo (p) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\mathbf{Y}_t = \mathbf{c} + \mathbf{A}_1 \mathbf{y}_{t-1} + \mathbf{A}_2 \mathbf{y}_{t-2} + \dots + \mathbf{A}_p \mathbf{y}_{t-p} + \boldsymbol{\varepsilon}_t \quad (2.13)$$

dapat juga ditulis:

$$\mathbf{Y}_t = \mathbf{c} + \sum_{i=1}^p \mathbf{A}_i \mathbf{y}_{t-i} + \boldsymbol{\varepsilon}_t \quad ; p > 0 \quad (2.14)$$

keterangan:

\mathbf{Y}_t = vektor berukuran $n \times 1$ dengan n banyaknya variabel endogen di waktu

t dan $t - i$; untuk $i = 1, 2, \dots, p$

\mathbf{c} = vektor konstanta berdimensi $n \times 1$

\mathbf{A}_i = matriks berukuran $n \times n$ pada variabel endogen

$\boldsymbol{\varepsilon}_t$ = barisan dari vektor acak galat berukuran $n \times 1$

2.6 Vector Autoregressive With Exogenous Variable (VARX)

Vector Autoregressive with Exogenous Variable (VARX) adalah model lanjutan dari Vektor AR, yaitu model VAR yang di dalamnya terdapat variabel eksogen. Ocampo dan Rodriguez (2011) menuliskan bahwa bentuk umum model VARX (p,q) dimana p adalah orde (*lag*) dari variabel endogen dan q merupakan lag dari variabel eksogen bisa dapat divisualisasikan sebagai berikut:

$$Y_t = c + A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + B_1 x_{t-1} + \dots + B_q x_{t-q} + \varepsilon_t \quad (2.15)$$

secara umum dapat ditulis:

$$Y_t = c + \sum_{i=1}^p A_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q B_j x_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2.16)$$

dengan:

Y_t = vektor berukuran $n \times 1$ dengan n banyaknya variabel endogen di waktu

t dan $t - i$; untuk $i = 1, 2, \dots, p$

c = vektor konstanta berdimensi $n \times 1$

A_i = matriks berukuran $n \times p$ pada variabel endogen

B_j = matriks berukuran $n \times q$ pada variabel eksogen

ε_t = barisan dari vektor acak galat berukuran $n \times 1$

p = *lag* untuk variabel endogen

q = *lag* untuk variabel eksogen

2.6.1 VARX Parameter Estimation

Rosyidah, dkk., (2018) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa metode kuadrat terkecil dapat digunakan untuk mengestimasi parameter VARX, yaitu dengan mengkuadratkan galat sehingga menghasilkan kuadrat terkecil.

$$Y_1 = c + a_1 y_{1-1} + \dots + a_p y_{1-p} + \beta_1 x_{1-1} + \dots + \beta_q x_{1-q} + \varepsilon_t$$

$$Y_2 = c + a_1 y_{2-1} + \dots + a_p y_{2-p} + \beta_1 x_{2-1} + \dots + \beta_q x_{2-q} + \varepsilon_t$$

$$Y_n = c + a_1 y_{n-1} + \dots + a_p y_{n-p} + \beta_1 x_{n-1} + \dots + \beta_q x_{n-q} + \varepsilon_t$$

dalam matriks dituliskan:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & y_{1-1} & \dots & y_{1-p} & x_{1-1} & \dots & x_{1-p} \\ 1 & y_{2-1} & \dots & y_{2-p} & x_{2-1} & \dots & x_{2-p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & y_{n-1} & \dots & y_{n-p} & x_{n-1} & \dots & x_{n-p} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} c \\ a_1 \\ \vdots \\ a_p \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

dengan:

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}_{n \times 1} ; \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & y_{1-1} & \dots & y_{1-p} & x_{1-1} & \dots & x_{1-p} \\ 1 & y_{2-1} & \dots & y_{2-p} & x_{2-1} & \dots & x_{2-p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & y_{n-1} & \dots & y_{n-p} & x_{n-1} & \dots & x_{n-p} \end{bmatrix}_{n \times (p+q+1)}$$

$$\boldsymbol{\theta} = \begin{bmatrix} c \\ a_1 \\ \vdots \\ a_p \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_q \end{bmatrix}_{(p+q+1) \times 1} ; \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

sehingga dapat dituliskan dengan notasi:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{A}\boldsymbol{\theta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

atau

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{Y} - \mathbf{A}\boldsymbol{\theta}$$

dengan penduga parameter:

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \text{ yaitu } \mathbf{E} = \mathbf{Y} - \mathbf{A}\hat{\boldsymbol{\theta}}$$

jumlah kuadrat galat:

$$\mathbf{S} = \sum_{i=1}^k e_i^2 = \mathbf{E}^t \mathbf{E}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{S} &= (\mathbf{Y} - \mathbf{A}\hat{\boldsymbol{\theta}})^t (\mathbf{Y} - \mathbf{A}\hat{\boldsymbol{\theta}}) \\ &= (\mathbf{Y}^t \mathbf{Y} - \mathbf{Y}^t \mathbf{A}\hat{\boldsymbol{\theta}}) (\mathbf{A}\hat{\boldsymbol{\theta}})^t \mathbf{Y} + (\mathbf{A}\hat{\boldsymbol{\theta}})^t \mathbf{A}\hat{\boldsymbol{\theta}} \\ &= \mathbf{Y}^t \mathbf{Y} - (\mathbf{Y}^t \mathbf{A}\hat{\boldsymbol{\theta}})^t - \hat{\boldsymbol{\theta}}^t \mathbf{A}^t \mathbf{Y} + \hat{\boldsymbol{\theta}}^t \mathbf{A}^t \mathbf{A}\hat{\boldsymbol{\theta}} \\ &= \mathbf{Y}^t \mathbf{Y} - \hat{\boldsymbol{\theta}}^t \mathbf{A}^t \mathbf{Y} - \hat{\boldsymbol{\theta}}^t \mathbf{A}^t \mathbf{Y} + \hat{\boldsymbol{\theta}}^t \mathbf{A}^t \mathbf{A}\hat{\boldsymbol{\theta}} \end{aligned}$$

$$= \mathbf{Y}^t\mathbf{Y} - 2\widehat{\boldsymbol{\theta}}^t\mathbf{A}^t\mathbf{Y} + \widehat{\boldsymbol{\theta}}^t\mathbf{A}^t\mathbf{A}\widehat{\boldsymbol{\theta}}$$

Selanjutnya dilakukan penurunan jumlah kuadrat galat pada penduga parameter, untuk memaksimumkan jumlah kuadrat galat. Sehingga dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{\partial \mathbf{S}}{\partial \widehat{\boldsymbol{\theta}}} = 0$$

$$0 = \frac{\partial \mathbf{S}}{\partial \widehat{\boldsymbol{\theta}}} = \frac{\partial}{\partial \widehat{\boldsymbol{\theta}}} (\mathbf{Y}^t\mathbf{Y} - 2\widehat{\boldsymbol{\theta}}^t\mathbf{A}^t\mathbf{Y} + \widehat{\boldsymbol{\theta}}^t\mathbf{A}^t\mathbf{A}\widehat{\boldsymbol{\theta}}) = \mathbf{0} - 2\mathbf{A}^t\mathbf{Y} + 2\mathbf{A}^t\mathbf{A}\widehat{\boldsymbol{\theta}}$$

$$2\mathbf{A}^t\mathbf{Y} = 2\mathbf{A}^t\mathbf{A}\widehat{\boldsymbol{\theta}}$$

$$\mathbf{A}^t\mathbf{Y} = \mathbf{A}^t\mathbf{A}\widehat{\boldsymbol{\theta}}$$

$$\mathbf{A}^t\mathbf{Y}(\mathbf{A}^t\mathbf{A})^{-1} = \widehat{\boldsymbol{\theta}} \quad (2.17)$$

maka disimpulkan parameter θ memiliki nilai estimasi sebesar

$$\widehat{\boldsymbol{\theta}} = \mathbf{A}^t\mathbf{Y}(\mathbf{A}^t\mathbf{A})^{-1}$$

2.6.2 Uji Signifikansi Parameter

Pengaruh signifikan parameter pada model dapat diuji dengan menggunakan rumus :

$$P = \frac{\widehat{\theta}_n}{SE(\widehat{\theta}_n)} \quad (2.18)$$

keterangan:

P : statistik uji parameter

$\widehat{\theta}_n$: nilai dugaan parameter

SE: standar error

dimana hipotesis uji yang digunakan adalah:

H_0 : parameter tidak signifikan mempengaruhi model

H_1 : parameter signifikan mempengaruhi model

dengan kesimpulan, jika $P > t$ -tabel maka tolak H_0 yang berarti parameter signifikan mempengaruhi model.

2.7 Kausalitas Granger

Kausalitas Granger digunakan untuk menentukan ada tidaknya hubungan kausal antara dua deret waktu. Dengan kata lain, uji ini digunakan untuk menentukan apakah satu deret waktu memiliki kekuatan prediksi atas yang lain. Uji kausalitas Granger dapat juga disebut dengan uji untuk melihat hubungan sebab akibat antara dua deret waktu atau lebih. Secara umum pada penelitian VARX diketahui bahwa variabel eksogen mempengaruhi variabel endogen, namun tidak diketahui apakah variabel endogen juga memiliki pengaruh atau tidak terhadap variabel eksogen yang diteliti. Sehingga uji kausalitas dilakukan untuk melihat perilaku tersebut. Uji kausalitas Granger tidak melakukan estimasi pada model, yang berarti hanya digunakan untuk mengetahui hubungan antar peubah. model kausalitas Granger divisualisasikan dengan:

$$Y_t = c_0 + A_1 y_{t-1} + \dots + A_n y_{t-n} + B_1 x_{t-1} + \dots + B_n x_{t-n} + \varepsilon_t \quad (2.19)$$

pada matriks dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_t = [c_0] \begin{bmatrix} a_{11,1} & a_{12,1} \\ a_{21,1} & a_{22,1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-1} \\ y_{2,t-1} \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} a_{11,n} & a_{12,n} \\ a_{21,n} & a_{22,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-n} \\ y_{2,t-n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11,1} & \beta_{12,1} \\ \beta_{21,1} & \beta_{22,1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1,t-1} \\ x_{2,t-1} \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} \beta_{11,n} & \beta_{12,n} \\ \beta_{21,n} & \beta_{22,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1,t-n} \\ x_{2,t-n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_t \\ \varepsilon_t \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

dengan hipotesis uji :

$H_0 = a_{12,i} = 0$; untuk $i = 1, 2, \dots, n$ (y_{2t} tidak memiliki kausalitas Granger dengan

y_{1t})

$H_1 =$ setidaknya satu dari $a_{12,i} \neq 0$; untuk $i = 1, 2, \dots, n$ (y_{2t} memiliki kausalitas

Granger dengan y_{1t})

dengan stasisik uji:

$$F - Test = \frac{(RSS_0 - RSS_1)/p}{RSS_1/(N-2p-1)} \quad (2.21)$$

keterangan:

RSS_0 : jumlah residual dari model univariat *Vector Autoregressive*

RSS_1 : jumlah kuadrat dari model *Vector Autoregressive*

p : jumlah lag yang dihasilkan

N : merupakan jumlah data ($2n$)

dengan kesimpulan tolak H_0 jika $F - Test > F_{(a,p,N-2p-1)}$.

2.8 Uji Normalitas Residual

Normalitas data merupakan syarat data dalam analisis parametrik. Uji normalitas residual digunakan untuk menguji apakah suatu model telah berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas residual tidak menguji datanya secara langsung melainkan menguji nilai residunya. Berdasarkan pengalaman empiris beberapa pakar statistik, data yang banyaknya lebih dari 30 maka sudah dapat diasumsikan berdistribusi normal, walaupun tidak selalu. Maka dilakukan uji normalitas untuk mengetahui kebenaran kenormalan data tersebut. Ada banyak uji Normalitas yang bisa dilakukan, diantaranya adalah Uji Shapiro Wilk, Kolmogorov Smirnov, Anderson Darling, Cramer Von Mises, Skewness Kurtosis, dan Jarque Bera (JB) yang akan digunakan pada penelitian ini.

Uji Jarque Bera merupakan uji normalitas dengan berdasarkan pada koefisien koefisien kemiringan (*skewness*) dan keruncingan (*kurtosis*). Uji ini dilakukan dengan membandingkan statistik Jarque-Bera (JB) dengan nilai X^2 *Chi-Square* tabel. Jika $JB \leq X^2$ maka nilai residual dapat dinyatakan berdistribusi normal (Gujarati, 2007). Untuk menghitung JB dapat ditulis:

$$JB = \frac{n}{6} \left[S^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right] \quad (2.22)$$

dengan:

JB = Statistik uji Jarque-Bera

n = ukuran jumlah data

S = Koefisien Skewness

K = Koefisien Kurtosis

dengan hipotesis uji yang digunakan adalah:

H_0 : residual berdistribusi normal

H_1 : residual tidak berdistribusi normal

Hipotesis nol akan diterima bila nilai uji Jarque Berra yang dihasilkan kurang dari selang kepercayaan 5% yang berarti bahwa uji residual yang dilakukan telah berdistribusi normal.

2.9 Uji *White Noise*

Uji ini bertujuan apakah residual masing-masing data saling bebas (independen). Tes multivariat *Portmanteu* merupakan generalisasi dari Ljung dan Box. Menurut Lutkepohl (2005), untuk kasus multivariat dapat digunakan untuk menguji *white noise* dari vektor residual.

Hipotesis yang digunakan yaitu:

H_0 : $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k$, residual *white noise*

H_1 : minimal terdapat satu $\rho_l \neq 0$, residual tidak *white noise* dimana $l = 1, 2, \dots, k$
dengan statistik uji:

$$Q_h = \mathbf{T} \sum_{l=1}^k \text{tr}(\hat{\mathbf{C}}_l \hat{\mathbf{C}}_0^{-1} \hat{\mathbf{C}}_l \hat{\mathbf{C}}_0^{-1}) \quad (2.24)$$

dimana $\hat{C}_1 = T^{-1} \sum_{t=1+1}^k \hat{e}_t \hat{e}_{t-1}$ dengan \hat{e}_t merupakan penduga residual, T adalah ukuran sampel dan k adalah banyak lag. Dengan kriteria uji menolak H_0 jika $Q_h \geq \chi^2_{(K^2 h, \alpha)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$ dimana K adalah banyak variabel.

2.10 Forecasting

Forecasting (peramalan) adalah proses pengukuran (perkiraan) besaran atau jumlah sesuatu pada masa depan yang dianalisis menggunakan metode statistika berdasarkan eksplorasi dari masa lalu. Peramalan adalah suatu seni dan ilmu pengetahuan dalam memprediksi peristiwa pada masa mendatang dengan melibatkan pengambilan data historis dan diproyeksikan ke masa yang akan datang dengan model matematika (Heizer dan Render, 2015).

Dalam sebuah peramalan tidak ada yang benar-benar sesuai kenyataan, yang artinya peramal hanya bisa mengurangi kesalahan dalam sebuah ramalan. sehingga dapat kita katkan bahwa hasil proyeksi yang akurat adalah hasil dari ramalan yang bisa meminimumkan kesalahan dalam peramalan itu sendiri. Dalam memperkecil kesalahan tersebut, terdapat beberapa cara perhitungan yang bisa kita lakukan diantaranya adalah dengan menggunakan *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Deviation* (MAD), atau menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Pada penelitian ini sendiri, dalam meminimalisir kesalahan dari data yang diramalkan, akan dilakukan perhitungan dengan mencari nilai MAPE yang secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - f_t}{x_t} \right| \quad (2.25)$$

Keterangan:

n = Jumlah keseluruhan data

X_t = Nilai aktual data di periode t

F_t = Nilai ramalan data di periode t

Semakin kecil nilai MAPE berarti semakin baik sebuah peramalan, karena semakin mendekati nilai aktualnya. Hasil MAPE dikategorikan sangat baik apabila nilai MAPE $< 10\%$, nilai dengan rentang $10\% \leq \text{MAPE} \leq 20\%$ dikategorikan baik, dan nilai $20\% < \text{MAPE} \leq 50\%$ dinilai cukup, serta nilai MAPE dengan hasil $> 50\%$ dianggap buruk (Chang, dkk., 2007).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2022/2022 di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data Penelitian yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh secara online melalui website <https://finance.yahoo.com> dan <https://id.investing.com>. Data yang diambil untuk penelitian ini meliputi data penutupan harian dari harga tiga saham sektor Minyak dan Gas Bumi, KURS dan data Crude Oil . Penelitian ini menggunakan data harian sejak tanggal 2 Januari 2020 sampai 30 November 2022 sebanyak 713 data observasi pada setiap masing-masing variabel.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan studi pustaka dalam bentuk pengkajian secara teoritis dan praktik komputasi.

Adapun langkah-langkah yang akan dilalui adalah sebagai berikut.

1. Melakukan uji stasioneritas data. Stasioneritas atau tidaknya data yang diteliti adalah dengan melihat bentuk plot data dan melakukan ujistasioneritas. Salah satu uji yang dapat digunakan yaitu uji *Augmented Dicky-Fuller* (ADF).

2. Melakukan transformasi data atau *differencing* pada data apabila data yang diuji tidak stasioner. Ciri data yang diuji tidak stasioner adalah dengan melihat nilai uji ADF. Jika nilai ADF kurang dari nilai *test critical value* α 5% berarti data tidak stasioner, maka data memerlukan transformasi atau *differencing* untuk menghasilkan data yang stasioner.
3. Melakukan uji kointegrasi untuk menentukan analisis model lanjutan yang tepat.
4. Melakukan uji kausalitas granger untuk melihat hubungan antara variabel satu dengan variabel yang lainnya
5. Menentukan lag optimum (p, q) untuk membentuk model VARX yang tepat. Penentuan nilai lag optimum diidentifikasi dari nilai minimum *Akaike's Information Criterion* (AIC) yang dihasilkan.
6. Menguji nilai Parameter Estimasi dan Pembentukan Model VARX (p, q). Melakukan uji signifikansi pada parameter estimasi yang dihasilkan dan membentuk model VARX (p, q) dari parameter estimasi yang telah signifikan
7. Melakukan uji normal multivariat pada residual data untuk mengetahui data residu memenuhi asumsi berdistribusi normal.
8. Melakukan uji Whitenoise untuk menguji kelayakan model yang terbentuk.
9. Melakukan *forecasting* (peramalan) dan mengevaluasi nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang dihasilkan dari model.

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisis secara keseluruhan, kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini adalah data yang diteliti dengan nilai lag optimum (1,3) menghasilkan model

$$4. \text{ SURE } (Y_{1t}) = -2.08338 - 0.17231_{y1t} + 0.19583_{y2t} - 0.02541_{y3t} - 0.01805_{x1t} - 0.00664_{x1t-1} - 0.00732_{x1t-2} - 0.01619_{x1t-3} + 0.20481_{x2t} - 0.06172_{x2t-1} + 0.49612_{x2t-2} - 0.26382_{x2t-3}$$

$$5. \text{ PKPK } (Y_{2t}) = 0.26875 + 0.00095_{y1t} + 0.13238_{y2t} + 0.03777_{y3t} - 0.00192_{x1t} + 0.00198_{x1t-1} + 0.00002_{x1t-2} + 0.00235_{x1t-3} + 0.00108_{x2t} + 0.05363_{x2t-1} + 0.00092_{x2t-2} - 0.02673_{x2t-3}$$

$$6. \text{ RUIS } (Y_{3t}) = -0.04217 - 0.00673_{y1t} - 0.01765_{y2t} + 0.06269_{y3t} - 0.00420_{x1t} - 0.01781_{x1t-1} + 0.00077_{x1t-2} + 0.01662_{x1t-3} + 0.12535_{x2t} + 0.17030_{x2t-1} - 0.06512_{x2t-2} - 0.18079_{x2t-3}$$

dan hasil peramalan pada 31 periode kedepan memiliki kecendrungan menurun pada ketiga variabel yang diteliti dengan ketentuan akurasi peramalan pada PT. SURE dan PT.PKPK baik serta PT. RUIS sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, Y. F., Lin, C. J., Chyan, J. M., Chen, I. M., & Chang, J. E. 2007. *Multiple regression models for the lower heating value of municipal solid waste in Taiwan*. Journal of environmental management.
- Djurovic, G., Djurovic, V., & Bojaj, M. M. (2020). *The macroeconomic effects of COVID-19 in Montenegro: a Bayesian VARX approach*. Financial Innovation, 6(1), 1-16.
- Gujarati, D.N. 2007. *Dasar-Dasar Ekonometrika*. Edisi ke- 3, Jilid I. Terjemahan Julius A. Mulyadi. Erlangga.
- H. Rosyidah, R. Rahmawati, and A. Prahutama. 2018. *Pemodelan Vector Autoregressive X (Varx) Untuk Meramalkan Jumlah Uang Beredar Di Indonesia*. Jurnal Gaussian, vol. 6, no. 3, pp. 333-343.
- Heizer, J., dan Barry, R. 2015. *Manajemen Operasi : Manajemen. Keberlangsungan dan Rantai Pasokan*. Edisi ke-11, Salemba Empat, Jakarta.
- Investing.Id(2022), Data Riwayat Harga KURS Dollar-IDR harian tahun 2020-2022, <https://id.investing.com/currencies/usd-idr-historical-data>, diakses tanggal 30 November 2022.
- Investing.Id (2022), Data Riwayat Harga Minyak mentah harian tahun 2020-2022, <https://id.investing.com/commodities/crude-oil-historical-data>, diakses tanggal 30 November 2022.
- Juanda, B., dan Junaidi. 2012. *Ekonometrika Deret Waktu*. Institut Pertanian Bogor Press, Bogor.

- Kirchgassner, G. dan Wolters, J. 2007. *Introduction to Modern Time Series Analysis*. Springer, Berlin.
- Lui, G. C., Li, W. K., Leung, K. M., Lee, J. H., & Jayawardena, A. W. (2007). *Modelling algal blooms using vector autoregressive model with exogenous variables and long memory filter*. *Ecological modelling*, 200(1-2), 130-138.
- Lutkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Springer Science & Business Media.
- Makridakis, S., dan Wheelwright, S.C. 1999. *Metode dan Aplikasi peramalan*. Edisi ke-2. Terjemahan Hari Suminto. Binaura Aksara, Jakarta.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., dan McGee, V.E. 1992. *Metode Aplikasi Peramalan*. Edisi ke-2. Terjemahan Untung Sus Andriyanto. Erlangga, Jakarta.
- Montgomery, D.C., Jennings, C.L., dan Kulahci, M. 2008. *Introduction Time Series Analysis and Forecasting*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Nachrowi, D., dan Usman, H. 2006. *Pendekatan Populer dan. Praktis Ekonometrika untuk Analisis Ekonomi dan Keuangan*. Lembaga penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Ocampo, S. and Rodriguez, N. 2011. *An Introductory Review of a Structural VAR-X Estimation and Applications*. Borradores de Economia.
- Pankratz, A. 1991. *Forecasting with Dynamic Regression Models*. John Wiley & Sons, Inc, Indiana.
- Rencher, A.C. 2002. *Methods of Multivariate Analysis*. John Wiley & Sons, Inc, Amerika.
- Warsono, W., Russels, E., Wamiliana, W., Widiarti, W., & Usman, M. (2019). *Vector Autoregressive dengan Model Exogenous Variable dan Penerapannya dalam Pemodelan dan Peramalan Data Energi: Studi Kasus PTBA dan HRUM Energi*. *Jurnal Internasional Ekonomi dan Kebijakan Energi*, 9 (2), 390–398.

Yahoo Finance(2022), Data Riwayat Harga Saham harian PT. PKPK tahun 2020-2022,
<https://finance.yahoo.com/quote/PKPK.JK/history?period1=1577836800&period2=1669766400&interval=1d&filter=history&frequency=1d&includeAdjustedClose=true>, diakses tanggal 30 November 2022.

Yahoo Finance(2022), Data Riwayat Harga Saham harian PT. RUIS tahun 2020-2022,
<https://finance.yahoo.com/quote/RUIS.JK/history?period1=1577836800&period2=1669766400&interval=1d&filter=history&frequency=1d&includeAdjustedClose=true>, diakses tanggal 30 November 2022.

Yahoo Finance(2022), Data Riwayat Harga Saham harian PT. SURE tahun 2020-2022,
<https://finance.yahoo.com/quote/SURE/history?period1=1639068003&period2=1670604003&interval=1d&filter=history&frequency=1d&includeAdjustedClose=true>, diakses tanggal 30 November 2022.