

PEMODELAN DAN PREDIKSI HARGA SAHAM PERUSAHAAN *FAST MOVING CUSTOMER GOODS* MENGGUNAKAN *VECTOR AUTOREGRESSIVE WITH EXOGENOUS VARIABLES (VARX)*

Marya Magdalena Simanjuntak*, Tarno², Puspita Kartikasari³

^{1,2,3}Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

*e-mail : Maryasimanjuntak00@gmail.com

DOI: 10.14710/j.gauss.12.2.166-177

Article Info:

Received: 2022-12-06

Accepted: 2023-02-15

Available Online: 2023-07-28

Keywords:

Stock; FMCG; VARX; SMAPE

Abstract: The increase in the population of Indonesia causes consumption to increase. This has made the FMCG (Fast Moving Consumer Goods) industry in Indonesia grow rapidly and occupy the second largest proportion of market capitalization thereby attracting investors to invest. One way to choose the best stocks to invest is by modeling. Modeling is carried out on the share price of companies with large capitalization, namely Mayora Indah, Indofood CBP, and Siantar Top. One of the factors that influence a company's stock price is the stock price of a competitor, namely Unilever and Buyung Poetra. Therefore, to predict and determine the relationship between stocks, the VARX (Vector Autoregressive with Exogenous Variables) method is used. The data period in this study starts from January 4, 2021 to January 14, 2022 with the results of the analysis, namely VARX (1) is the model obtained for prediction. The errors from the model meet the white noise and multinormal assumptions. The SMAPE value of the Mayora, Indofood CBP, and Siantar Top variables is below 10% which means the model has very good predictive ability. In addition, the prediction results show that Indofood's share price is more stable than other stocks.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk Indonesia berdampak pada kebutuhan konsumsi yang semakin tinggi. Konsumsi yang tinggi berdampak pula pada pesatnya pertumbuhan industri Fast Moving Customer Goods (FMCG). Hal tersebut menyebabkan investor tertarik untuk menanamkan modal. Namun, dilansir dari Yahoo Finance, beberapa perusahaan FMCG mengalami penurunan laba bersih pada tahun 2021 diantaranya, yaitu PT. Unilever Indonesia Tbk (UNVR), PT. Mayora Indah Tbk (MYOR), PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk (ICBP), PT. Siantar Top Tbk (STTP), dan PT. Buyung Poetra Sembada Tbk (HOKI). Vector Autoregressive with Exogenous Variable (VARX) adalah metode yang digunakan pada penelitian ini karena dapat meramalkan dan menjelaskan hubungan antara variabel ekonomi (Pratama dan Saputro, 2018). Berbagai penelitian analisis multivariat time series menggunakan VARX sebelumnya pernah dilakukan, antara lain oleh Muthahharah, I. (2015) yang meneliti nilai PSEI, KLSE, IHSG, SET, dan STI menggunakan Varma dan Varmax dengan hasil model VAR tidak layak karena terdapat korelasi *error* sehingga dibentuk model VARX. Penelitian tentang harga saham PT. Indofood Sukses Makmur Indonesia Tbk juga pernah dilakukan oleh Diah (2008) terhadap nilai Return Of Assets, Earning Per Share, dan Debt to Equity Ratio menggunakan VAR dengan hasil adanya penurunan harga saham. Pada penelitian perusahaan FMCG tersebut, peramalan hanya berfokus pada faktor dari dalam perusahaan saja tanpa memperhatikan hubungan dengan faktor lain diluar perusahaan. Berdasarkan fakta tersebut, maka peneliti melakukan pemodelan dan prediksi harga saham UNVR, MYOR, ICBP, STTP dan HOKI sehingga dapat menjadi informasi bagi investor dalam membuat keputusan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pasar modal adalah tempat perdagangan surat berharga. Perdagangan tersebut diharapkan memberi keuntungan bagi investor dan memperkuat modal bagi perusahaan. Jenis surat berharga yang dimaksud adalah saham, surat pengakuan hutang, obligasi, dan lainnya. Saham adalah lembaran kertas yang mencantumkan nama perusahaan, hak dan kewajiban masing-masing pemegang, dan nilai nominal (Fahmi, 2012). Saham terbagi atas dua, yaitu saham biasa dimana pemegang saham mendapat deviden di akhir tahun, dan saham istimewa dimana pemegang saham mendapat deviden tetap setiap kuartal. Produk yang dikenal sebagai FMCG adalah produk yang diperlukan konsumen dalam kesehariannya (Pongiannan dan Chinnasamy, 2014).

Data runtun waktu adalah sekelompok pengamatan selama jumlah waktu yang telah ditentukan (Widarjono, 2005). Menurut Tsay (2014) terdapat kasus penelitian yang memerlukan analisis beberapa runtun waktu secara bersamaan. Analisis ini dinamakan runtun waktu multivariat.

Model VAR merupakan model AR univariat yang dikembangkan untuk menangani kasus runtun waktu multivariat. Persamaan umum untuk model VAR menurut Zdrozny dan Chen (2019) dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Y_{j,t} = \sum_{i=1}^p \Phi_{1i} Y_{1,t-i} + \sum_{i=1}^p \Phi_{2i} Y_{2,t-i} + \dots + \sum_{i=1}^p \Phi_{mi} Y_{m,t-i} + \epsilon_{j,t} \quad (1)$$

dengan:

$Y_{j,t}$: vektor variabel endogen ($Y_{1,t}, Y_{2,t}, \dots, Y_{m,t}$) berukuran $m \times 1$

Φ_{ji} : matriks koefisien parameter berukuran $m \times m$ untuk setiap $i = 1, 2, \dots, p$

$\epsilon_{j,t}$: vektor *error* ($\epsilon_{1,t}, \epsilon_{2,t}, \dots, \epsilon_{m,t}$) berukuran $m \times 1$

t : 1, 2, ..., n = banyaknya pengamatan

j : 1, 2, ..., m = banyaknya variabel

i : 1, 2, ..., p = banyaknya lag

Penambahan variabel bebas di dalam model VAR disebut VARX. Menurut Ocampo dan Rodriguez (2012), bentuk umum model VARX (p,q) ditulis sebagai berikut:

$$Y_{j,t} = \sum_{i=1}^p \phi_{1i} Y_{1,t-i} + \dots + \sum_{i=1}^p \phi_{mi} Y_{m,t-i} + \sum_{l=1}^q \theta_{1l} X_{1,t-l} + \dots + \sum_{l=1}^q \theta_{Tl} X_{T,t-l} + \epsilon_{j,t} \quad (2)$$

dimana:

Y_t, Y_{t-i} : vektor berukuran $m \times 1$ berisi m variabel endogen pada waktu t dan t-i untuk $i = 1, 2, \dots, p$

ϕ_{ji} : matriks parameter variabel endogen berukuran $m \times m$ untuk setiap $i = 1, 2, \dots, p$

X_{t-l} : vektor dari variabel eksogen pada waktu t-l, $l = 1, 2, \dots, q$

θ_{kl} : matriks parameter variabel eksogen berukuran $m \times q$ untuk setiap $l = 1, 2, \dots, q$

$\epsilon_{j,t}$: vektor *error* berukuran $m \times 1$

t : 1, 2, ..., n = banyaknya pengamatan

j : 1, 2, ..., m = banyaknya variabel endogen

k : 1, 2, ..., T = banyaknya variabel eksogen

i : 1, 2, ..., p = banyaknya lag variabel endogen

l : 1, 2, ..., q = banyaknya lag variabel eksogen

Stasioner dan non-stasioner adalah klasifikasi dari data runtun waktu. Suatu data dikatakan stasioner apabila data tersebut tidak mengalami pertumbuhan atau penurunan. Pengambilan keputusan uji stasioner dalam rataan dilakukan dengan menggunakan uji akar unit (*unit root test*).

dengan statistik uji adalah:

Hipotesis:

$H_0 : \boldsymbol{\gamma} = \mathbf{1}$ (\mathbf{Y}_t mengandung *unit root* atau tidak stasioner)

$H_1 : \boldsymbol{\gamma} < \mathbf{1}$ (\mathbf{Y}_t tidak mengandung *unit root* atau stasioner)

Statistik uji adalah:

$$\mathbf{DF} = \boldsymbol{\tau} = \frac{\hat{\boldsymbol{\gamma}}}{SE(\hat{\boldsymbol{\gamma}})} \quad (3)$$

dimana $\hat{\boldsymbol{\gamma}}$ yaitu estimasi kuadrat terkecil dari $\boldsymbol{\gamma}$ dan $SE(\hat{\boldsymbol{\gamma}})$ adalah kesalahan standar dari $\hat{\boldsymbol{\gamma}}$.

Kriteria uji:

H_0 ditolak jika nilai $\boldsymbol{\tau} <$ nilai statistik Dickey Fuller (α, n) atau p -value $< \alpha$

Metode *differencing* adalah metode yang dapat digunakan untuk menangani ketidakstasioneran dalam rata-rata. Apabila terdapat perbedaan orde ke- d untuk mencapai stasioneritas, maka dapat ditulis:

$$(\mathbf{1} - \mathbf{B})^d \mathbf{Z}_t = \mathbf{E}_t \quad (4)$$

Jika diberikan vektor deret waktu dengan pengamatan sebanyak n , yaitu $\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2, \dots, \mathbf{Y}_n$ maka identifikasi dapat dilakukan dengan melihat pola dari *Matrix Partial Autocorrelation Function* (MPACF) setelah data stasioner (Wei, 2006). *Partial autoregression matrix function* didefinisikan sebagai berikut:

$$\mathbf{P}(\mathbf{s}) = \begin{cases} \boldsymbol{\Gamma}'(\mathbf{1})[\boldsymbol{\Gamma}(\mathbf{0})]', & \mathbf{s} \neq \mathbf{0} \\ \{\boldsymbol{\Gamma}'(\mathbf{s}) - \mathbf{c}'(\mathbf{s}) [\mathbf{A}(\mathbf{s})]'\mathbf{b}(\mathbf{s})\} \{\boldsymbol{\Gamma}'(\mathbf{0}) - \mathbf{b}'(\mathbf{s}) [\mathbf{A}(\mathbf{s})]'\mathbf{b}(\mathbf{s})\} & \mathbf{s} = \mathbf{0} \end{cases} \quad (5)$$

Kesulitan dalam pengidentifikasian karena bentuk matriks dan grafik yang kompleks diatasi dengan sebuah metode yang diperkenalkan oleh Tia dan Box tahun 1981 dalam Wei (2006). Terdapat tiga simbol dalam metode tersebut, yakni (+), (-), dan (.) dengan penjelasan sebagai berikut:

- 1) Simbol (+) menunjukkan hubungan korelasi positif antara komponen (i,j) dan nilai $\hat{\rho}_{ij}(\mathbf{k})$ lebih besar dari 2 kali standar error.
- 2) Simbol (-) menunjukkan hubungan korelasi negatif antara komponen (i,j) dan nilai $\hat{\rho}_{ij}(\mathbf{k})$ kurang dari -2 kali standar error.
- 3) Simbol (.) menunjukkan hubungan tidak adanya korelasi antara komponen (i,j) dan nilai $\hat{\rho}_{ij}(\mathbf{k})$ berada diantara +2 dan -2 kali standar error.

Standar error dari nilai $\hat{\rho}_{ij}(\mathbf{k})$ dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_{\hat{\rho}_{ij}(\mathbf{k})} = \sqrt{\frac{1}{n} (\mathbf{1} + 2\hat{\rho}_{ij}^2(\mathbf{1}) + 2\hat{\rho}_{ij}^2(\mathbf{2}) + \dots + 2\hat{\rho}_{ij}^2(\mathbf{k} - \mathbf{1}))} \quad (6)$$

dimana n adalah banyaknya pengamatan. Sama halnya dengan persamaan autokorelasi parsial pada kasus univariate, persamaan matriks partial autoregression matrix $\mathbf{P}(\mathbf{s})$, juga memiliki sifat cut-off untuk vektor proses AR.

Akaike's Information Criterion (AIC) adalah suatu kinerja pemilihan model terbaik. Rosadi (2012) mengatakan bahwa nilai p yang meminimumkan nilai AIC dalam interval $1, \dots, P_{max}$ disebut sebagai nilai p^* yaitu nilai p yang terpilih. Perhitungan nilai AIC dengan rumus sebagai berikut:

$$\mathbf{AIC}_{(p)} = \ln |\widehat{\boldsymbol{\Sigma}}|_{(p)} + \frac{2m^2(p)}{n} \quad (7)$$

dengan $|\widehat{\boldsymbol{\Sigma}}|_{(p)} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \hat{\boldsymbol{\epsilon}}_t [\hat{\boldsymbol{\epsilon}}_t]'$ adalah matriks penduga kovarian *error*, $\hat{\boldsymbol{\epsilon}}_t$ adalah *error* pada waktu ke- t , p adalah lag optimum yang diperoleh, n adalah banyaknya pengamatan, serta m adalah banyaknya variabel endogen.

Uji signifikansi parameter model bertujuan untuk membuktikan bahwa model cukup memadai atau tidak. Uji t digunakan untuk menguji pengaruh masing-masing parameter terhadap model dengan hipotesis dan uji statistik sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0 : \phi_i = 0$ (parameter tidak berpengaruh signifikan terhadap model)

$H_1 : \phi_i \neq 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, p$ (parameter berpengaruh signifikan terhadap model) Statistik uji:

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\phi}_i}{SE(\hat{\phi}_i)} \quad (8)$$

Kriteria uji:

H_0 ditolak jika $|t| > t_{\alpha/2; (n-b)}$ atau probability $< \alpha$, dimana n adalah banyaknya pengamatan dan b adalah banyaknya parameter.

Suatu model bersifat *white noise* artinya *error* dari model tersebut telah memenuhi asumsi identik (variansi *error* homogen) serta independen (antar *error* tidak berkorelasi) (Cryer, 1986). Proses *white noise* dapat dideteksi menggunakan uji portmanteau. Uji portmanteau digunakan untuk menguji signifikansi secara keseluruhan pada *autocorrelation error* sampai lag p . Hipotesis yang akan diuji sebagai berikut:

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$ (*error* memenuhi asumsi *white noise*)

H_1 : minimal ada satu $\rho_i \neq 0$ dimana $i = 1, 2, \dots, p$ (*error* tidak memenuhi asumsi *white noise*)

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_p = n \sum_{i=1}^p \text{tr}(\hat{C}_i' \hat{C}_0^{-1} \hat{C}_i \hat{C}_0^{-1}) \quad (9)$$

dimana $\hat{C}_i = n^{-1} \sum_{t=i+1}^n \hat{\epsilon}_t \hat{\epsilon}_{t-i}'$ merupakan matriks penduga autokovarians dari *error* $\hat{\epsilon}_t$, \hat{C}_0 merupakan matriks \hat{C}_i ketika $i=0$, dengan n adalah banyaknya sampel.

Kriteria uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 ditolak jika $Q_h > \chi^2_{\alpha; (m^2 p - n^*)}$ atau p -value $< \alpha$ (Luthkepohl, 2005).

dimana n^* merupakan jumlah koefisien selain konstanta yang diamati, p adalah banyak lag, m adalah banyaknya variabel endogen.

Asumsi yang harus dipenuhi selain *white noise* adalah *error* berdistribusi normal yang dilakukan dengan uji normal multivariat. Berikut hipotesis uji Kolmogorov Smirnov:

$H_0 : d_i^2 \sim \chi_p^2$ (jarak mahalanobis mengikuti distribusi *chi square*, *error* berdistribusi normal multivariat)

$H_1 : d_i^2$ tidak berdistribusi χ_p^2 (jarak mahalanobis tidak mengikuti distribusi *chi square*, *error* tidak berdistribusi normal multivariat)

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$D = \text{Max} |F_0(x) - S(x)| \quad (10)$$

Kriteria Uji

Menolak H_0 jika $D \geq D_{n,\alpha}$ atau p -value lebih kecil dari α (5%) dengan $D_{n,\alpha}$ adalah nilai dari tabel Kolmogorov-Smirnov.

Makridakis dan Hibon (2000), mengemukakan bahwa salah satu ukuran yang digunakan untuk mengukur ketepatan peramalan adalah sMAPE (*symmetric Mean Absolute Percentage Error*). sMAPE menghitung ukuran presentase kesalahan dengan rumus berikut:

$$sMAPE = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|F_i - A_i|}{(|A_i| + |F_i|)} \times 100\% \quad (11)$$

dengan:

n : ukuran sampel

A_i : data aktual

F_i : data hasil ramalan

Menurut Chang, dkk. (2007) dalam Halimi, dkk. (2013) nilai evaluasi yang dihasilkan mempunyai kriteria sMAPE seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai sMAPE

Nilai Smape	Akurasi Prediksi
$sMAPE < 10\%$	Kemampuan peramalan sangat baik
$10\% \leq sMAPE < 20\%$	Kemampuan peramalan baik
$20\% \leq sMAPE < 50\%$	Kemampuan peramalan cukup
$sMAPE \geq 50\%$	Kemampuan peramalan buruk

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari Yahoo Finance yang merupakan data penutupan harian yang diamati sejak 04 Januari 2021 – 14 Januari 2022. Variabel yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini terbagi atas dua, yaitu variabel endogen dan eksogen. Variabel endogen yaitu harga saham PT. Mayora Indah Tbk (MYOR), Indofood CBP Sukses Makmur Tbk (ICBP), dan PT. Siantar Top Tbk (STTP), sedangkan variabel eksogen adalah PT. Unilever Makmur Tbk (UNVR) dan PT. Buyung Poetra Sembada Tbk (HOKI).

Metode analisis data yang digunakan adalah metode VAR dan VARX dengan tahapan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan data yang akan digunakan yaitu data harga saham PT. Unilever Makmur Tbk (UNVR), PT. Mayora Indah Tbk (MYOR), Indofood CBP Sukses Makmur Tbk (ICBP), PT. Siantar Top Tbk (STTP), dan PT. Buyung Poetra dan membagi data menjadi *in sample* dan *out sample*.
2. Melakukan uji stasioneritas dalam rata-rata dengan Uji Dickey-Fuller, jika tidak stasioner maka dilakukan diferensi hingga diperoleh stasioner pada tingkat yang sama.
3. Melakukan pemodelan VAR berdasarkan lag terbaik.
4. Melakukan estimasi parameter dari model yang terbentuk berdasarkan lag terbaik. Jika terdapat parameter yang tidak signifikan maka dilakukan *restrict* terhadap variabel-variabel tersebut.
5. Melakukan uji asumsi *error white noise* dan uji asumsi *error* normal multivariat.
6. Jika uji asumsi *error* tidak terpenuhi maka dibentuk model baru dengan VARX.
7. Melakukan estimasi parameter dari model VARX yang terbentuk berdasarkan lag terbaik. Jika terdapat parameter yang tidak signifikan maka dilakukan *restrict* terhadap variabel-variabel tersebut.
8. Melakukan uji asumsi *error white noise* dan uji asumsi *error* normal multivariat pada model VARX.
9. Melakukan peramalan dengan data *out sample*.
10. Menghitung nilai *symmetric Mean Absolute Percentage Error* (sMAPE) untuk mengevaluasi ketepatan peramalan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Data Indeks Harga Saham dengan VAR

Pemodelan data harga saham UNVR ($Y_{1,t}$), MYOR ($Y_{2,t}$), ICBP ($Y_{3,t}$), STTP ($Y_{4,t}$), dan HOKI ($Y_{5,t}$) menggunakan VAR.

Uji Stasioneritas dalam Rataan

Tabel 2. Uji Dickey Fuller

Variabel	Dickey Fuller	P-Value
UNVR	-2,29	0,5714
MYOR	-4,97	0,4656
ICBP	-12,48	0,0719
STTP	-10,85	0,0951
HOKI	-4,39	0,3997

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa semua nilai *p-value* dari kelima variabel $> \alpha$ (5%) yang berarti data belum stationer sehingga perlu dilakukan *differencing*.

Uji Stasioneritas dalam Rataan Setelah *Differencing*

Tabel 3. Uji Dickey Fuller

Variabel	Dickey Fuller	P-Value
UNVR	-230,87	0,0001
MYOR	-289,11	0,0001
ICBP	-325,93	0,0001
STTP	-362,00	0,0001
HOKI	-273,36	0,0001

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa semua nilai *p-value* dari kelima variabel $< \alpha$ (5%) yang berarti data sudah stationer.

Identifikasi Model VAR

Schematic Representation of Partial Cross Correlations												
Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
/Lag												
UNVR+
MYOR	+..
ICBP	+..+	+..
STTP
HOKI

Gambar 1 Skema Matriks Korelasi Silang MPACF

Plot MPACF pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa lag yang keluar melebihi ± 2 kali *standar error* terdapat pada lag 1, 5, 6, 7, 8, dan 9. Maka dari itu, terdapat calon model VAR (1), VAR (5), VAR (6), VAR (7), VAR (8), dan VAR (9).

Pemilihan Model VAR Terbaik

Tabel 4 Nilai AIC Semua Model VAR

Model	AIC
VAR (1)	41.244
VAR (5)	41.849
VAR (6)	42.020
VAR (7)	42,103
VAR (8)	42,291
VAR (9)	42,377

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa nilai AIC terkecil terdapat pada model VAR (1) yaitu sebesar 41, 244 sehingga didapat model untuk kelima variabel yaitu VAR (1).

Model VAR (1)

Model VAR (1) dapat ditulis dalam bentuk 5 persamaan matematis berikut:

$$\begin{aligned}
Y_{1,t} &= 1,06695 Y_{1,t-1} - 0,06695 Y_{1,t-2} - 0,21256 Y_{2,t-1} + 0,21256 Y_{2,t-2} \\
&\quad + 0,03598 Y_{3,t-1} - 0,03598 Y_{3,t-2} + 0,00020 Y_{4,t-1} \\
&\quad - 0,00020 Y_{4,t-2} - 1,59889 Y_{5,t-1} + 1,59889 Y_{5,t-2} + \varepsilon_{1,t} \\
Y_{2,t} &= 0,07198 Y_{1,t-1} - 0,07198 Y_{1,t-2} + 0,97211 Y_{2,t-1} + 0,02789 Y_{2,t-2} \\
&\quad - 0,01530 Y_{3,t-1} + 0,01530 Y_{3,t-2} - 0,00056 Y_{4,t-1} \\
&\quad + 0,00056 Y_{4,t-2} - 0,07997 Y_{5,t-1} + 0,07997 Y_{5,t-2} + \varepsilon_{2,t} \\
Y_{3,t} &= 0,21989 Y_{1,t-1} - 0,21989 Y_{1,t-2} - 0,10376 Y_{2,t-1} + 0,10376 Y_{2,t-2} \\
&\quad + 0,82757 Y_{3,t-1} + 0,17243 Y_{3,t-2} - 0,02017 Y_{4,t-1} + 0,02017 Y_{4,t-2} \\
&\quad - 0,10415 Y_{5,t-1} + 0,10415 Y_{5,t-2} + \varepsilon_{3,t} \\
Y_{4,t} &= -0,30545 Y_{1,t-1} + 0,30545 Y_{1,t-2} - 0,32666 Y_{2,t-1} + 0,32666 Y_{2,t-2} \\
&\quad + 0,23353 Y_{3,t-1} - 0,23353 Y_{3,t-2} + 0,85189 Y_{4,t-1} \\
&\quad + 0,14811 Y_{4,t-2} + 9,89341 Y_{5,t-1} - 9,89341 Y_{5,t-2} + \varepsilon_{4,t} \\
Y_{5,t} &= 0,00378 Y_{1,t-1} - 0,00378 Y_{1,t-2} + 0,00850 Y_{2,t-1} - 0,00850 Y_{2,t-2} \\
&\quad + 0,00099 Y_{3,t-1} - 0,00099 Y_{3,t-2} - 0,00186 Y_{4,t-1} \\
&\quad + 0,00186 Y_{4,t-2} + 0,86098 Y_{5,t-1} + 0,13902 Y_{5,t-2} + \varepsilon_{5,t}
\end{aligned}$$

Pengujian Signifikansi Parameter VAR

Tabel 5 Signifikansi Parameter Model VAR (1)

Variabel Input	Parameter	t-Value	P-Value	Variabel Output	Keputusan
UNVR ($Y_{1,t}$)	ϕ_{111}	0,980	0,328	$Y_{1,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{112}	-1,220	0,224	$Y_{2,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{113}	0,620	0,536	$Y_{3,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{114}	0,010	0,994	$Y_{4,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{115}	-1,400	0,163	$Y_{5,t-1}$	H_0 diterima
MYOR ($Y_{2,t}$)	ϕ_{121}	2,820	0,005	$Y_{1,t-1}$	H_0 ditolak
	ϕ_{122}	-0,430	0,669	$Y_{2,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{123}	-0,700	0,482	$Y_{3,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{124}	-0,060	0,953	$Y_{4,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{125}	-0,190	0,852	$Y_{5,t-1}$	H_0 diterima
ICBP ($Y_{3,t}$)	ϕ_{131}	2,760	0,006	$Y_{1,t-1}$	H_0 ditolak
	ϕ_{132}	-0,510	0,610	$Y_{2,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{133}	-2,550	0,011	$Y_{3,t-1}$	H_0 ditolak
	ϕ_{134}	-0,680	0,496	$Y_{4,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{135}	-0,080	0,938	$Y_{5,t-1}$	H_0 diterima
STTP ($Y_{4,t}$)	ϕ_{141}	-1,820	0,070	$Y_{1,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{142}	-0,760	0,446	$Y_{2,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{143}	1,640	0,103	$Y_{3,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{144}	-2,380	0,018	$Y_{4,t-1}$	H_0 ditolak
	ϕ_{145}	3,530	0,001	$Y_{5,t-1}$	H_0 ditolak
HOKI ($Y_{5,t}$)	ϕ_{151}	1,010	0,313	$Y_{1,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{152}	0,890	0,374	$Y_{2,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{153}	0,310	0,756	$Y_{3,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{154}	-1,340	0,182	$Y_{4,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{155}	-2,220	0,027	$Y_{5,t-1}$	H_0 ditolak

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa masih ada $|t_{hit}|$ dari parameter yang memiliki nilai $< t_{\alpha/2,(n-b)}$ (1,969) dan memiliki $p\text{-value} > \alpha$ (0,05). Hal ini berarti masih ada parameter yang tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap model.

Pengujian Signifikansi Parameter VAR Setelah Restrict

Tabel 6 Signifikansi Parameter Model VAR (1) Setelah Restrict

Variabel Input	Parameter	t-Value	P-Value	Variabel Output	Keputusan
UNVR ($Y_{1,t}$)	-	-	-	-	-
MYOR ($Y_{2,t}$)	ϕ_{121}	2,560	0,0110	$Y_{1,t-1}$	H_0 ditolak
ICBP ($Y_{3,t}$)	ϕ_{131}	2,860	0,0046	$Y_{1,t-1}$	H_0 ditolak
	ϕ_{133}	-3,310	0,0011	$Y_{3,t-1}$	H_0 ditolak
STTP ($Y_{4,t}$)	ϕ_{144}	-2,190	0,0292	$Y_{4,t-1}$	H_0 ditolak
	ϕ_{145}	3,700	0,0003	$Y_{5,t-1}$	H_0 ditolak
HOKI ($Y_{5,t}$)	ϕ_{155}	-2,030	0,0434	$Y_{5,t-1}$	H_0 ditolak

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa semua $|t_{hit}|$ dari parameter memiliki nilai $> t_{\alpha/2,(n-b)}$ (1,969) dan memiliki $p\text{-value} < \alpha$ (0,05). Hal ini berarti semua parameter memiliki pengaruh signifikan terhadap model.

Model VAR (1) Setelah Restrict

Model akhir dari VAR (1) dapat ditulis dalam bentuk 5 persamaan matematis berikut:

$$Y_{1,t} = Y_{1,t-1} + \varepsilon_{1,t}$$

$$Y_{2,t} = 0,06012 Y_{1,t-1} - 0,06012 Y_{1,t-2} + Y_{2,t-1} + \varepsilon_{2,t}$$

$$Y_{3,t} = 0,20826 Y_{1,t-1} - 0,20826 Y_{1,t-2} + 0,79642 Y_{3,t-1} + 0,20358 Y_{3,t-2} + \varepsilon_{3,t}$$

$$Y_{4,t} = 0,86763 Y_{4,t-1} + 0,13237 Y_{4,t-2} + 10,07258 Y_{5,t-1} - 10,07258 Y_{5,t-2} + \varepsilon_{4,t}$$

$$Y_{5,t} = 0,87565 Y_{5,t-1} + 0,12435 Y_{5,t-2} + \varepsilon_{5,t}$$

Uji Asumsi Error White Noise

Tujuan dari uji asumsi error white noise adalah untuk mengetahui apakah ada korelasi antar vektor error dari model VAR (1) yang telah terbentuk.

Tabel 7 Hasil Portmanteau

Lag	Q_h	$\chi^2_{\alpha;(m^2h-n^*)}$	P-Value	Keputusan
2	39,17	37,65	0,035	H_0 ditolak
3	58,73	67,50	0,186	H_0 diterima
4	80,00	96,22	0,325	H_0 diterima
5	104,95	124,34	0,348	H_0 diterima
6	134,73	152,09	0,260	H_0 diterima
7	166,09	179,59	0,175	H_0 diterima
8	194,36	206,87	0,150	H_0 diterima
9	237,49	233,99	0,036	H_0 ditolak
10	265,25	260,99	0,034	H_0 ditolak
11	286,37	287,88	0,057	H_0 diterima
12	301,72	314,68	0,129	H_0 diterima

Pada tabel 7 dapat dilihat bahwa masing-masing nilai Q_h dari lag 2, lag 9, dan lag 10 $> \chi^2_{\alpha;(m^2h-n^*)}$ dan $p\text{-value} < \alpha$ (5%). Hal ini berarti, terdapat korelasi error antar lag pada model yang terbentuk.

Uji Asumsi Normal Multivariat untuk Error

Uji asumsi selain uji independensi adalah uji normal multivariat. Berdasarkan output R diperoleh nilai $D(0,068245) < D_{n,\alpha}(0,096)$ dan nilai $p\text{-value}(0,1002) > \alpha$ (5%). Hal ini berarti bahwa error data kelima variabel berdistribusi normal multivariat.

Pemodelan Data Indeks Harga Saham dengan VARX

Pemodelan data harga saham MYOR ($Y_{1,t}$), ICBP ($Y_{2,t}$), STTP ($Y_{3,t}$), UNVR ($X_{1,t}$) dan HOKI ($X_{2,t}$) menggunakan VARX.

Identifikasi Model VARX

Schematic Representation of Partial Cross Correlations												
Variable /Lag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MYOR	.++
ICBP	+.-	...	+.
STTP	..-+

Gambar 2 Skema Matriks Korelasi Silang MPACF

Plot MPACF pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa lag yang keluar melebihi ± 2 kali *standar error* terdapat pada lag 1, 3, dan 5. Maka dari itu, terdapat calon model VARX (1), VARX (3), dan VARX (5).

Pemilihan Model VARX Terbaik

Tabel 8 Nilai AIC Semua Model VARX

Model	AIC
VARX (1)	28,352
VARX (3)	28,459
VARX (5)	28,557

Berdasarkan Tabel 8 diketahui bahwa nilai AIC terkecil terdapat pada model VARX (1) sebesar 28,352 sehingga didapat model untuk kelima variabel yaitu VARX (1).

Model VARX (1)

Model VARX (1) dapat ditulis dalam bentuk 3 persamaan matematis berikut:

$$Y_{1,t} = 0,07198 X_{1,t-1} - 0,07198 X_{1,t-2} - 0,07997 X_{2,t-1} + 0,07997 X_{2,t-2} + 0,97211 Y_{1,t-1} + 0,02789 Y_{1,t-2} - 0,01530 Y_{2,t-1} + 0,01530 Y_{2,t-2} - 0,00056 Y_{3,t-1} + 0,00056 Y_{3,t-2} + \varepsilon_{1,t}$$

$$Y_{2,t} = 0,21989 X_{1,t-1} - 0,21989 X_{1,t-2} - 0,10415 X_{2,t-1} + 0,10415 X_{2,t-2} - 0,10376 Y_{1,t-1} + 0,10376 Y_{1,t-2} + 0,82757 Y_{2,t-1} + 0,17243 Y_{2,t-2} - 0,02017 Y_{3,t-1} + 0,02017 Y_{3,t-2} + \varepsilon_{2,t}$$

$$Y_{3,t} = -0,30545 X_{1,t-1} + 0,30545 X_{1,t-2} + 9,89341 X_{2,t-1} - 9,89341 X_{2,t-2} - 0,32666 Y_{1,t-1} + 0,32666 Y_{1,t-2} + 0,23353 Y_{2,t-1} - 0,23353 Y_{2,t-2} + 0,85189 Y_{3,t-1} + 0,14811 Y_{3,t-2} + \varepsilon_{3,t}$$

Pengujian Signifikansi Parameter VARX

Tabel 9 Signifikansi Parameter Model VARX (1)

Variabel Input	Parameter	t-Value	P-Value	Variabel Output	Keputusan
MYOR ($Y_{1,t}$)	θ_{111}	2,82	0,005	$X_{1,t-1}$	H_0 ditolak
	θ_{112}	-0,19	0,852	$X_{2,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{111}	-0,43	0,669	$Y_{1,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{112}	-0,70	0,482	$Y_{2,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{113}	-0,06	0,953	$Y_{3,t-1}$	H_0 diterima
ICBP ($Y_{2,t}$)	θ_{121}	2,76	0,006	$X_{1,t-1}$	H_0 ditolak
	θ_{122}	-0,08	0,938	$X_{2,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{121}	-0,51	0,610	$Y_{1,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{122}	-2,55	0,011	$Y_{2,t-1}$	H_0 ditolak
	ϕ_{123}	-0,68	0,496	$Y_{3,t-1}$	H_0 diterima

Variabel Input	Parameter	t-Value	P-Value	Variabel Output	Keputusan
STTP ($Y_{2,t}$)	θ_{131}	-1,82	0,070	$X_{1,t-1}$	H_0 diterima
	θ_{132}	3,53	0,001	$X_{2,t-1}$	H_0 ditolak
	ϕ_{131}	-0,76	0,446	$Y_{1,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{132}	1,64	0,103	$Y_{2,t-1}$	H_0 diterima
	ϕ_{133}	-2,38	0,018	$Y_{3,t-1}$	H_0 ditolak

Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa masih ada $|t_{hit}|$ dari parameter yang memiliki nilai $< t\alpha_{/2,(n-b)}$ (1,969) dan memiliki $p\text{-value} > \alpha$ (0,05). Hal ini berarti masih ada parameter yang tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap model.

Pengujian Signifikansi Parameter VARX Setelah Restrict

Tabel 10 Signifikansi Parameter Model VARX (1) Setelah Restrict

Variabel Input	Parameter	t-Value	P-Value	Variabel Output	Keputusan
MYOR ($Y_{1,t}$)	θ_{111}	2,75	0,006	$X_{1,t-1}$	H_0 ditolak
ICBP ($Y_{2,t}$)	θ_{121}	3,10	0,002	$X_{1,t-1}$	H_0 ditolak
	ϕ_{122}	-3,02	0,003	$Y_{2,t-1}$	H_0 ditolak
STTP ($Y_{3,t}$)	θ_{131}	3,65	0,001	$X_{2,t-1}$	H_0 ditolak
	ϕ_{133}	-2,22	0,028	$Y_{3,t-1}$	H_0 ditolak

Berdasarkan Tabel 10 dapat dilihat bahwa semua $|t_{hit}|$ dari parameter memiliki nilai $> t\alpha_{/2,(n-b)}$ (1,969) dan memiliki $p\text{-value} < \alpha$ (0,05). Hal ini berarti semua parameter memiliki pengaruh signifikan terhadap model.

Model VARX (1) Setelah Restrict

Model akhir dari VARX (1) dapat ditulis dalam bentuk 3 persamaan matematis berikut:

$$Y_{1,t} = 0,06560 X_{1,t-1} - 0,06560 X_{1,t-2} + Y_{1,t-1} + \varepsilon_{1,t}$$

$$Y_{2,t} = 0,23856 X_{1,t-1} - 0,23856 X_{1,t-2} + 0,80427 Y_{2,t-1} + 0,19573 Y_{2,t-2} + \varepsilon_{2,t}$$

$$Y_{3,t} = 9,96747 X_{2,t-1} - 9,96747 X_{2,t-2} + 0,86613 Y_{3,t-1} + 0,13387 Y_{3,t-2} + \varepsilon_{3,t}$$

Uji Asumsi Error White Noise

Tujuan dari uji asumsi error white noise adalah untuk mengetahui apakah ada korelasi antar vektor error dari model VAR (1) yang telah terbentuk.

Tabel 11 Hasil Portmanteau

Lag	Q_h	$\chi^2_{\alpha;(m^2h-n^*)}$	P- Value	Keputusan
2	13,89	16,92	0,126	H_0 diterima
3	24,21	28,87	0,148	H_0 diterima
4	35,56	40,11	0,126	H_0 diterima
5	41,69	51,00	0,237	H_0 diterima
6	53,51	61,66	0,180	H_0 diterima
7	61,61	72,15	0,223	H_0 diterima
8	68,70	82,53	0,290	H_0 diterima
9	80,40	92,81	0,2328	H_0 diterima
10	92,50	103,00	0,180	H_0 diterima
11	99,62	113,15	0,229	H_0 diterima
12	102,53	123,23	0,384	H_0 diterima

Pada Tabel 11 dapat dilihat bahwa semua nilai $Q_h < \chi^2_{\alpha;(m^2h-n^*)}$ dan $p\text{-value} > \alpha$ (5%). Hal ini berarti, tidak terdapat korelasi error antar lag pada model yang terbentuk.

Uji Asumsi Normal Multivariat untuk Error

Uji asumsi selain uji independensi adalah uji normal multivariat. Berdasarkan output R diperoleh nilai $D (0,068245) < D_{n,\alpha} (0,096)$ dan nilai $p\text{-value} (0,1002) > \alpha$ (5%). Hal ini berarti bahwa error data kelima variabel berdistribusi normal multivariat.

Ramalan Data Indeks Saham

Peramalan dilakukan dengan menggunakan model terbaik yaitu VARX (1) pada 10 data *out sample*.

Tabel 12 Ramalan Menggunakan VARX (1)

VARX		
MYOR	ICBP	STTP
2039,34402	8692,72105	7540,03253
2039,40506	8694,36775	7542,28678
2039,39946	8694,02507	7541,90043
2039,39997	8694,09402	7541,95993
2039,39993	8694,08035	7541,95125
2039,39993	8694,08304	7541,95248
2039,39993	8694,08251	7541,95231
2039,39993	8694,08262	7541,95233
2039,39993	8694,08260	7541,95233
2039,39993	8694,08260	7541,95233

Perhitungan sMAPE

Setelah didapat hasil ramalan indeks harga saham Mayora, Indofood, dan Siantar Top, selanjutnya dilakukan perhitungan *Symmetric Mean Absolute Percentage Error* (sMAPE) pada masing-masing hasil ramalan indeks saham untuk mengetahui ketepatan ramalan model VARX (1).

Tabel 13 Nilai sMAPE

Indeks Saham	<i>Symmetric Mean Absolute Percentage Error</i> (sMAPE)
MYOR	4,418%
ICBP	1,109%
STTP	1,134%

Berdasarkan Tabel 13 terlihat bahwa model VARX (1) menghasilkan nilai ramalan dengan sMAPE untuk indeks saham MYOR sebesar 4,418%, untuk ICBP sebesar 1,109%, dan untuk STTP sebesar 1,134%. Nilai sMAPE hasil ramalan indeks saham MYOR, ICBP, dan STTP tersebut berada dibawah 10%, sehingga dapat disimpulkan bahwa ketepatan ramalan model VARX (1) tergolong sangat baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Model VARX (1) yang terbentuk untuk variabel Mayora (MYOR) sebagai Y_1 , Indofood CBP (ICBP) sebagai Y_2 , Siantar Top (STTP) sebagai Y_3 , Unilever Makmur (UNVR) sebagai X_1 , dan Buyung Poetra (HOKI) sebagai X_2 adalah sebagai berikut:

$$Y_{1,t} = 0,06560 X_{1,t-1} - 0,06560 X_{1,t-2} + Y_{1,t-1} + \varepsilon_{1,t}$$

$$Y_{2,t} = 0,23856 X_{1,t-1} - 0,23856 X_{1,t-2} + 0,80427 Y_{2,t-1} + 0,19573 Y_{2,t-2} + \varepsilon_{2,t}$$

- $$Y_{3,t} = 9,96747 X_{2,t-1} - 9,96747 X_{2,t-2} + 0,86613 Y_{3,t-1} + 0,13387 Y_{3,t-2} + \varepsilon_{3,t}$$
2. Uji asumsi *White Noise* dan Normal Multivariat dari model VARX (1) yang telah terbentuk menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi *error* antar lag dan *error* data berdistribusi normal. Hal ini menyatakan bahwa model VARX(1) layak digunakan untuk meramalkan dan mengetahui keterkaitan antar kelima variabel.
 3. Hasil peramalan dari model VARX (1) untuk harga saham Unilever, Mayora, Indofood CBP, Siantar Top, dan Buyung Poetra menunjukkan bahwa harga saham dari Indofood CBP cenderung lebih stabil pada periode selanjutnya dibandingkan saham dari Mayora dan Siantar Top. Maka dari itu, lebih baik berinvestasi di perusahaan Indofood CBP karena resiko mengalami kerugian akan lebih kecil.
 4. Nilai sMAPE untuk variabel MYOR, ICBP, dan STTP berada dibawah 10%. Hal ini menunjukkan bahwa ketepatan peramalan model VARX (1) tergolong sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cryer, J. 1986. *Time Series Analysis*. Boston: PWS-KENT Publishing Company.
- Fahmi, I. 2012. *Analisis Laporan Keuangan*. Bandung: Alfabeta.
- Halimi, Anggraeni, dan Tyasnurita. 2013. Pembuatan Aplikasi Peramalan Jumlah Permintaan Produk dengan Metode Time Series Exponential Smoothing Holts Winter di PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Jurnal Teknik POMITS* Vol.1, No. 1, Hal: 1-6.
- Lutkepohl, H. 2005. *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. New York: Springer.
- Makridakis, S. dan Hibbon, M. 2000. The M3-Competition: Result, Conclusion and Implications. *International Journal of Forecasting*. Vol.16, No. 4, Hal:451-476.
- Ocampo, S. dan Rodriguez, N. 2012. An Introductory Review of a Structural VAR-X Estimation and Applications. *Revista Colombiana de Estadística* Vol. 35, No. 3, Hal: 279-508.
- Okky, D. dan Setiawan. 2012. Permodelan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), Kurs, dan Harga Minyak Dunia dengan Pendekatan Vector Autoregressive. *Jurnal Sains dan Seni ITS* Vol. 1, No.1, Hal, 87-92.
- Pongiannan, K. dan Chinnasamy, J. 2014. *Do advertisements for fast moving consumer goods create response among the consumers?-an analytical assessment with reference to India*. *International Journal of Innovation, Management and Technology* Vol. 5, No. 4, Hal: 249-254.
- Pratama, R.I.H. dan Saputro, D.R.S. 2018. Model Runtun Waktu Vector Autoregressive Moving Average With Exogenous Variable (VARMAX). *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Matematika dan Pembelajarannya*: 24 Maret 2018.
- Rosadi, D. 2012. *Ekonometrika dan Analisis Runtun Waktu Terapan dengan EViews*. Yogyakarta : Penerbit Andi Offset.
- Tsay, R.S. 2014. *Multivariate Time Series Analysis*. Chicago: John Wiley, Inc.
- Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Method*. Canada. Addison Wesley Publishing Company, Inc.
- Widarjono, A. 2005. *Ekonometrika Teori dan Aplikasi untuk Ekonomi dan Bisnis*. Buku Pertama, Edisi Pertama, Ekonisia. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Zadrozny, P. A., dan Chen, B. 2019. Weighted-Covariance Factor Decomposition of Varma Models Applied to Forecasting Quarterly U.S. Real GDP at Monthly Intervals. *Journal of Time Series Analysis* Vol. 40, No. 6, Hal. 968–986.