

## PENDEKATAN METODE VAR-GARCH PADA PEMODELAN KETERKAITAN INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN (IHSG), KURS DOLLAR AMERIKA DAN HARGA EMAS DUNIA

Dwi Fikriah<sup>1</sup>, Rini Cahyandari<sup>2</sup>, dan Asep Solih Awalludin<sup>3</sup>

Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati  
Jl. Ahmad Nasution No.105 Bandung

<sup>1</sup>[hurinsyifa@yahoo.com](mailto:hurinsyifa@yahoo.com), <sup>2</sup>[rcahyandari@yahoo.com](mailto:rcahyandari@yahoo.com), <sup>3</sup>[aasolih@gmail.com](mailto:aasolih@gmail.com)

**Abstract:** The VAR-GARCH model is a model used to analyze Multivariate time series data which are heteroscedasticity. This study discusses the approach of VAR-GARCH method on modeling of linkage of joint stock price index (IHSG), US dollar exchange rate and world gold price. The approach of VAR-GARCH method on modeling of joint stock price index (IHSG), US dollar exchange rate and world gold price is done by several stages such as identification of stationarity, determining lag length, granger causality test, determining VAR model, VAR analysis, checking diagnostic, heteroskedasticity test, estimation of VAR-GARCH model, checking diagnostic VAR-GARCH. The results of this study show that the VAR (3) -GARCH (1,1) model is the best model.

**Keywords:** *Vector Autoregressive (VAR), Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)*

**Abstrak:** Model VAR-GARCH merupakan model yang digunakan untuk menganalisis data runtun waktu Multivariat yang bersifat heteroskedastisitas. Penelitian ini membahas pendekatan metode VAR-GARCH pada pemodelan keterkaitan indeks harga saham gabungan (IHSG), kurs dollar Amerika dan harga emas dunia. Pendekatan metode VAR-GARCH pada pemodelan keterkaitan indeks harga saham gabungan (IHSG), kurs dollar Amerika dan harga emas dunia dilakukan beberapa tahap diantaranya yaitu: identifikasi kestasioneran, penentuan panjang lag, uji kausalitas granger, menentukan model VAR, analisis VAR, *checking diagnostic*, uji heteroskedastisitas, estimasi model VAR-GARCH, *checking diagnostic* VAR-GARCH. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model VAR(3)-GARCH (1,1) adalah model terbaik.

**Kata kunci:** *Vector Autoregressive (VAR), Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH).*

### PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai data *time series* yang terdiri dari beberapa variabel yang saling terkait yang dinamakan dengan data *time series* multivariat. Metode-metode statistik yang selama ini digunakan untuk menganalisis dan menyelesaikan masalah *time series* multivariat ada beberapa diantaranya yaitu: VAR (*Vector Autoregressive*), VMA (*Vector Moving Average*), VARIMA (*Vector Autoregressive Moving Average*). Salah satu diantaranya adalah *Vector Autoregressive (VAR)*. VAR dikemukakan pertama kali oleh Sims (1980). VAR biasanya digunakan untuk menganalisis hubungan variabel-variabel runtun waktu dan menganalisis dampak dari faktor gangguan yang terdapat dalam sistem variabel tersebut.

Pada dasarnya analisis VAR bisa dipadankan dengan suatu model persamaan simultan karena dalam analisis ini mempertimbangkan beberapa variabel endogen (terikat) secara bersama-sama dalam suatu model. Perbedaan dengan model persamaan simultan biasa adalah bahwa dalam analisis VAR masing-masing variabel selain diterangkan oleh nilainya di masa lampau, juga dipengaruhi oleh nilai masa lalu dari semua variabel endogen lainnya dalam model yang diamati, sedangkan dalam analisis persamaan simultan biasa tidak.

Dari beberapa fenomena tersebut maka pada penelitian ini akan difokuskan pada keterkaitan harga saham IHSG, kurs Dollar dan harga emas dunia. Untuk mengetahui pergerakan keterkaitan harga saham IHSG, kurs Dollar dan harga emas dunia adalah dengan menggunakan metode VAR-GARCH, Model ini telah dikembangkan lebih lanjut, diterapkan dan digunakan untuk memodelkan data runtun waktu multivariat yang mengalami masalah heteroskedastisitas. Data pada indeks saham *return* IHSG, Kurs dollar dan emas biasa bersifat agak acak (*random*) dan memiliki volatilitas yang tinggi atau varian error tidak konstan atau terdapat unsur heteroskedastisitas, sehingga model VAR-GARCH adalah metode yang tepat untuk memodelkan pergerakan indeks harga saham, Kurs dollar dan emas.

## TINJAUAN PUSTAKA

Data runtun waktu (*time series*) adalah jenis data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu. Terdapat 2 jenis data runtun waktu: univariat dan multivariat. Beberapa model runtun waktu *univariat* adalah

1. Model *Autoregressive* (AR) dengan orde  $p$  dinotasikan dengan AR ( $p$ ). Bentuk umum model AR ( $p$ ) adalah

$$X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \dots + \varphi_p X_{t-p} + \varepsilon_t.$$

2. Model *Moving average* (MA) dengan orde  $q$  dinotasikan MA ( $q$ ). Bentuk umum model MA ( $q$ ) adalah

$$X_t = \mu' + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_p \varepsilon_{t-q}.$$

3. Model *Autoregressive Moving average* (ARMA) merupakan suatu kombinasi dari AR dan MA. Bentuk umum model ARMA ( $p, q$ ) yaitu:

$$X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \dots + \varphi_p X_{t-p} + \mu' + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_p \varepsilon_{t-q}.$$

4. Model ARIMA ditulis dengan ARIMA ( $p, d, q$ ) yang artinya model ARIMA dengan derajat AR ( $p$ ), derajat pembeda  $d$ , dan derajat MA ( $q$ ). Apabila pembeda pertama dilakukan terhadap model agar menjadi stationer, maka model menjadi ARIMA (1,1,1) didefinisikan sebagai berikut:

$$(1-B)(1-\Phi_1 B)X_t = \mu' + (1-\theta_1 B)\varepsilon_t.$$

Pada dasarnya adaptasi yang dilakukan pada runtun waktu multivariat tidak jauh berbeda dengan runtun waktu univariat. Time series multivariat memodelkan peubah-peubah yang berkorelasi dan tercatat dari waktu ke waktu.

### Model vektor AR ( $p$ )

*Vector Autoegressive* (VAR) adalah model runtun waktu ekonometrika yang dapat digunakan untuk menjelaskan perubahan data. Model VAR merupakan perluasan dari model *Autoregressive* (AR) pada model runtun waktu univariat. Model runtun waktu VAR memodelkan beberapa proses AR ke dalam sebuah model dalam bentuk sebuah matriks.

Model VAR dapat menjelaskan peubah endogen dari data masa lalu peubah tersebut dengan peubah endogen lainnya. Model  $VAR(p)$  dengan  $p$  merupakan orde model, secara umum model dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y_t = \alpha + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

dengan

$$y_t = (y_{1,t}, \dots, y_{k,t})^t,$$

$\alpha = (\alpha_{10}, \alpha_{20}, \dots, \alpha_{k0})^t$  diestimasi menggunakan rumus

$$\alpha = \frac{(\sum y_t)(\sum y_{t-1}^2) - (\sum y_{t-1})(\sum y_{t-1}y_t)}{n \sum y_{t-1}^2 - (\sum y_{t-1})^2},$$

$$\beta = \frac{n \sum y_{t-1}y_t - (\sum y_{t-1})(\sum y_t)}{n \sum y_{t-1}^2 - (\sum y_{t-1})^2} \text{ adalah koefisien matriks berukuran } (n \times n),$$

$\varepsilon_t$  : vektor ( $n \times 1$ ) dari error term.

Model umum persamaan (1) dapat ditulis dalam bentuk matriks berikut:

$$\begin{bmatrix} y_{1,t} \\ y_{2,t} \\ \vdots \\ y_{k,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{10} \\ \alpha_{20} \\ \vdots \\ \alpha_{k0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \dots & \beta_{1k} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \dots & \beta_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{k1} & \beta_{k2} & \dots & \beta_{kk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-1} \\ y_{2,t-1} \\ \vdots \\ y_{k,t-1} \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \dots & \beta_{1k} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \dots & \beta_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{k1} & \beta_{k2} & \dots & \beta_{kk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-p} \\ y_{2,t-p} \\ \vdots \\ y_{k,t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{k,t} \end{bmatrix}$$

Persamaan di atas dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} y_{1,t} &= \alpha_{10} + \beta_{1,1}y_{1,t-1} + \beta_{1,2}y_{2,t-1} + \dots + \beta_{1,k}y_{k,t-1} + \dots + \beta_{1,1}y_{1,t-p} + \beta_{1,2}y_{2,t-p} + \dots + \beta_{1,k}y_{k,t-p} + \varepsilon_{1,t} \\ y_{2,t} &= \alpha_{20} + \beta_{2,1}y_{1,t-1} + \beta_{2,2}y_{2,t-1} + \dots + \beta_{2,k}y_{k,t-1} + \dots + \beta_{2,1}y_{1,t-p} + \beta_{2,2}y_{2,t-p} + \dots + \beta_{2,k}y_{k,t-p} + \varepsilon_{2,t} \\ &\vdots \\ y_{k,t} &= \alpha_{k0} + \beta_{k,1}y_{1,t-1} + \beta_{k,2}y_{2,t-1} + \dots + \beta_{k,k}y_{k,t-1} + \dots + \beta_{k,1}y_{1,t-p} + \beta_{k,2}y_{2,t-p} + \dots + \beta_{k,k}y_{k,t-p} + \varepsilon_{k,t}. \end{aligned}$$

### Model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH)

Model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH) dikembangkan oleh Bollerslev (1986) yang merupakan pengembangan dari model ARCH. Model yang dibangun untuk menghindari ordo yang terlalu tinggi pada model ARCH dengan berdasar pada prinsip parsimony atau memilih model yang lebih sederhana, sehingga akan menjamin variansinya selalu positif [9].

Misalkan  $\varepsilon_t = X_t - \mu_t$ ,  $\varepsilon_t$  dikatakan mengikuti model GARCH (p,q) jika [26]

$$\begin{aligned} \sigma_t^2 &= \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2 \\ &= \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \\ \varepsilon_t &= \sigma_t X_t, \end{aligned} \quad (2)$$

dengan  $\sigma_t^2$  : variansi dari residual pada waktu  $t$ ,  $\alpha_0$  : komponen konstanta,  $\alpha_i$  : parameter dari ARCH,  $\alpha_p \varepsilon_{t-1}^2$  : kuadrat dari residual pada waktu  $t - i$ ,  $\beta_j$  : parameter dari GARCH,  $\sigma_{t-j}^2$  : variansi dari residual pada saat  $t - j$ .

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Uji Stationeritas

Hasil uji stasioneritas tertera pada Tabel 1. Berdasarkan tabel ini, nilai probabilitas semua variabel pada uji ADF tingkat level memiliki nilai probabilitas lebih kecil dari pada 0.05 atau memiliki nilai mutlak ADF > |5%| sehingga  $H_0$  ditolak atau pernyataan bahwa data tidak bersifat stationer tidak dapat diterima. Hasil ini menunjukkan bahwa semua variabel telah stationer pada tingkat level.

**Tabel 1.** Hasil Uji Stationeritas atas IHSG, Kurs Dollar Amerika dan Harga Emas Dunia

Keterangan	IHSG	Kurs Dollar Amerika	Harga Emas Dunia
ADF Test			
T statistic	-19.87128	-19.59893	-21.19729
Probabilitas	0.0000	0.0000	0.0000
Nilai Kritis			
1%	-3.445445	-3.445445	-3.445445
5%	-2.890926	-2.890926	-2.890926
10%	-2.570323	-2.570323	-2.570323
Kesimpulan	Tolak $H_0$	Tolak $H_0$	Tolak $H_0$

### 2. Penentuan Panjang Lag Optimal

**Tabel 2.** Penentuan lag atas IHSG, Kurs Dollar Amerika dan Harga Emas Dunia

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	4331.124	NA	2.25e-13	-20.61011	-20.58126*	-20.59871*
1	4342.582	22.69741	2.22e-13	-20.62182	-20.50638	-20.57619
2	4356.178	26.73860	2.17e-13	-20.64370	-20.44169	-20.56389
3	4366.292	19.74609*	2.16e-13*	-20.64901*	-20.36042	-20.53494
4	4371.225	9.561161	2.20e-13	-20.62964	-20.25448	-20.48136
5	4378.689	14.35876	2.22e-13	-20.62233	-20.16058	-20.43983
6	4385.606	13.20883	2.24e-13	-20.61241	-20.06409	-20.39569
7	4389.746	7.845354	2.30e-13	-20.58926	-19.95437	-20.33832
8	4391.315	2.951207	2.38e-13	-20.55388	-19.83240	-20.26872
*Indicates lag order selected by the criterion						
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)						
AIC: Akaike information criterion						
SC: Schwarz information criterion						
HQ: Hannan-Quinn information criterion						

Dari tabel 2, terlihat bahwa lag menurut LR, FPE, AIC, SC dan HQ akan optimal saat lag 3 dan 0 namun dapat dilihat bahwa lag terbaik adalah lag 3. Dengan bantuan software Eviews 8 diperoleh matrik dari parameternya sebagai berikut:

$$\beta_1 = \begin{bmatrix} 0.040 & -0.063 & 0.023 \\ -0.075 & -0.045 & -0.148 \\ 0.050 & -0.084 & -0.041 \end{bmatrix}, \quad \beta_2 = \begin{bmatrix} 0.008 & -0.056 & 0.054 \\ 0.207 & 0.001 & -0.031 \\ -0.015 & -0.084 & -0.039 \end{bmatrix},$$

$$\beta_3 = \begin{bmatrix} -0.049 & -0.064 & 0.114 \\ -0.038 & 0.002 & 0.034 \\ 0.094 & -0.010 & 0.046 \end{bmatrix}, \quad \text{dan} \quad \alpha = \begin{bmatrix} 0.000106 \\ 0.000129 \\ 0.000182 \end{bmatrix}.$$

### 3. Uji Kausalitas Granger

Hasil uji Kausalitas Granger tertera pada Tabel 4. Dari tabel 4 terlihat bahwa setiap variabel saling mempengaruhi variabel lain, walaupun hanya satu arah. Dimana IHSG memiliki hubungan kausalitas granger dengan Kurs Dollar Amerika namun tidak sebaliknya, IHSG memiliki hubungan kausalitas granger dengan Harga Emas Dunia namun tidak sebaliknya dan Harga Emas Dunia memiliki hubungan kausalitas granger dengan Kurs Dollar Amerika namun tidak sebaliknya pula.

**Tabel 4.** Uji Kausalitas Granger terhadap IHSG, Kurs Dollar Amerika dan Harga Emas Dunia

Null Hypothesis	Obs	F-statistic	Prob
Kurs_Dollar does not Grange cause IHSG IHSG does not Grange cause Kurs_Dollar	425	1.46910 4.86741	0.2224 0.0024
Gold does not Grange cause IHSG IHSG does not Grange cause Gold	425	1.25315 3.16667	0.2901 0.0244
Gold does not Grange cause Kurs_Dollar Kurs_Dollar does not Grange cause Gold	425	6.42916 1.76764	0.0003 0.1527

### 4. Analisis VAR

Dalam menganalisis VAR ada beberapa langkah yang dilakukan diantaranya uji stabilitas VAR. Uji stabilitas ini diperlukan untuk mengetahui validitasi dari *Impluse Response Function* (IRF) dan *Variance Decomposition* yang akan dihasilkan oleh estimasi VAR.

#### 4.1 Uji Stabilitas VAR

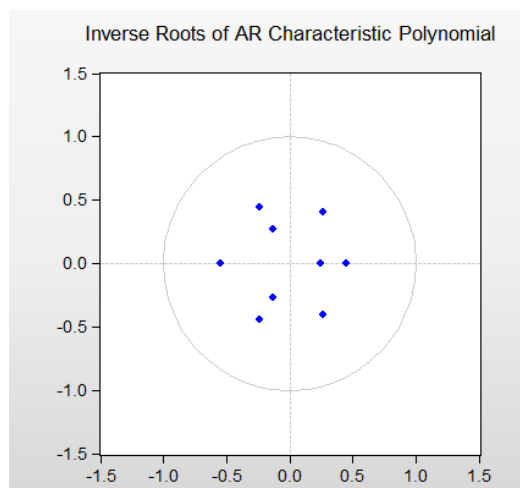
Dari hasil uji stabilitas VAR dengan cara tabel AR *roots* (Tabel 5), terlihat bahwa nilai modulus pada berbagai *root* lebih kecil daripada 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa VAR sudah stabil. Selanjutnya dengan menggunakan metode grafik, AR *roots* pada Gambar 1, terlihat pula bahwa AR *roots* semuanya berada di dalam unit *circle*, sehingga hal ini menunjukkan pula bahwa VAR yang digunakan sudah stabil.

#### 4.2 Impulse Respons Function (IRF)

Fungsi IRF (Gambar 2) menggambarkan ekspektasi ke periode ke depan dari kesalahan prediksi suatu variabel akibat inovasi dari variabel yang lain.

**Tabel 5.** Hasil Uji Stabilitas VAR

Root	Modulus
-0.544491	0.544491
-0.240816-0.442200i	0.503521
-0.240816 + 0.442200i	0.503521
0.268377-0.404728i	0.485624
0.268377 + 0.404728i	0.485624
0.450830	0.450830
-0.126978-0.273352i	0.301404
-0.126978 + 0.273352i	0.301404
0.245832	0.245832



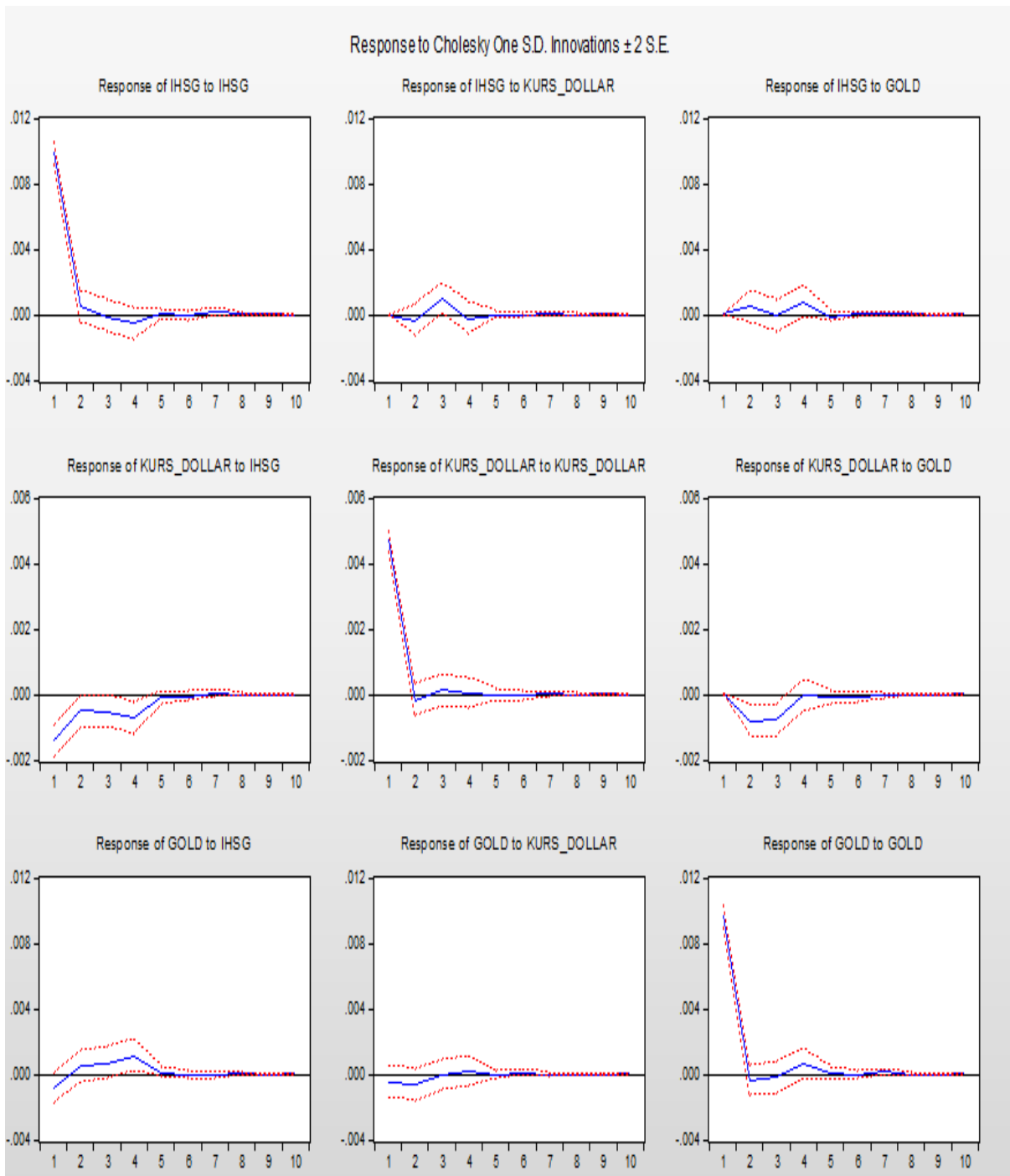
**Gambar 1.** Akar Unit AR

### 4.3 Variance Decomposition

Langkah terakhir dari analisis VAR adalah *Variance Decomposition*. Langkah ini menunjukkan persentase pengaruh masing-masing variabel atas suatu variabel yang lain pada berbagai periode kejutan. Hasil Uji *Variance Decomposition* dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Uji *Variance Decomposition*

Variance Decomposition of IHSG				
Periode	S.E	IHSG	KURS DOLLAR AMERIKA	HARGA EMAS DUNIA
1	0.009860	100.0000	0.000000	0.000000
2	0.009890	99.60741	0.145488	0.247099
3	0.009936	98.70086	1.047164	0.251979
4	0.009986	98.02186	1.089695	0.888442
5	0.009987	98.00709	1.089557	0.903352
6	0.009988	98.00374	1.092930	0.903332
7	0.009989	98.00325	1.093576	0.903171
8	0.009989	98.00289	1.093890	0.903220
9	0.009989	98.00249	1.094170	0.903342
10	0.009989	98.00228	1.094184	0.903539



Gambar 2. Fungsi IRF.

Pada periode pertama, *return* IHSB dipengaruhi oleh *return* IHSB itu sendiri (100%) dan *return-return* indeks lainnya mulai mempengaruhi *return* IHSB pada periode-periode berikutnya. Dari tabel diatas terlihat bahwa *return* IHSB dipengaruhi oleh *return* IHSB itu sendiri, kemudian *return* Kurs Dollar Amerika mempengaruhi IHSB dan akhirnya disusul oleh *return* Harga Emas Dunia.

**5. Uji Heteroskedastisitas**

Berdasarkan hasil uji heteroskedastisitas nilai probabilitas pada uji ARCH dan yaitu 0.000, dari hasil uji tersebut terlihat bahwa atas  $H_0$  diterima atau hipotesis bahwa tidak terjadi homoskedastisitas dapat diterima dengan kata lain bahwa menunjukkan terjadinya heteroskedastisitas.

**6. Pemilihan Model Terbaik**

Beberapa model VAR - GARCH terbaik dapat dilihat pada Tabel 7 dan nilai AIC dan SC untuk model-model terbaik tersebut dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 7.** Hasil uji beberapa model VAR - GARCH terbaik

Model	Koefisien	Probabilitas
VAR (3) - GARCH (1,1)	C = 7.87e-06 Resid (-1) <sup>2</sup> = 0.133439 Garch (-1) = 0.782504	0.0280 0.0021 0.0000
VAR (3) - GARCH (2,1)	C = 8.70e-06 Resid (-1) <sup>2</sup> = 0.155051 Garch (-1) = 0.504344 Garch (-2) = 0.247762	0.0365 0.0029 0.1202 0.3788
VAR (3) - GARCH (1,2)	C = 6.63e -06 Resid (-1) <sup>2</sup> = 0.14544 Resid (-2) <sup>2</sup> = -0.027826 Garch (-1) = 0.811787	0.0431 0.0083 0.6049 0.0000
VAR (3) - GARCH (2,2)	C = 8.63 e-06 Resid (-1) <sup>2</sup> = 0.155287 Resid (-2) <sup>2</sup> = -0.001260 Garch (-1) = 0.509856 Garch (-2) =0.244001	0.3655 0.0070 0.9939 0.6473 0.7812

**Tabel 8.** Nilai AIC dan SC untuk Beberapa Model VAR - GARCH Terbaik

Model	AIC	SC
VAR (3) - GARCH (1,1)	-6.553896	-6.06476
VAR (3) - GARCH (2,1)	-6.549951	-6.493048
VAR (3) - GARCH (1,2)	-6.549489	-6.492585
VAR (3) - GARCH (2,2)	-6.545279	-6.478891

Dari Tabel 8, terlihat bahwa VAR (3) - GARCH (1,1) merupakan model terbaik, karena memiliki nilai AIC dan SC terkecil. Kemudian setelah melakukan uji ARCH-LM kembali model ini pun menunjukkan pada hasil uji ARCH LM Test tidak ada efek ARCH/GARCH sampai lag 10.



## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai *return* IHSG, kurs dollar Amerika dan harga emas dunia saling memiliki keterkaitan, yang dibuktikan pada uji Kausalitas Granger. Adapun untuk melihat seberapa besar pengaruh masing-masing variabel diantaranya:
  - a. nilai *return* IHSG paling besar dipengaruhi oleh nilai *return* kurs dollar Amerika
  - b. nilai *return* kurs dollar Amerika paling besar dipengaruhi oleh nilai *return* IHSG
  - c. nilai *return* harga emas Dunia paling besar dipengaruhi oleh nilai *return* IHSG
2. Adapun model terbaik yang bisa digunakan untuk peramalan dari IHSG, kurs dollar dan emas dunia pada penelitian ini adalah VAR (3) - GARCH (1,1)

Model VAR (3) dipilih berdasarkan penentuan panjang lag yang menunjukkan LR, FPE dan AIC terkecil. Persamaan VAR (3) pada variabel indeks harga saham gabungan (IHSG), kurs dollar Amerika dan harga emas dunia dalam penelitian ini sebagai berikut :

$$IHSG_t = 0.000106 + 0.040 IHSG_{t-1} - 0.063 KURS_{t-1} + 0.023 GOLD_{t-1} + 0.008 IHSG_{t-2} - 0.056 KURS_{t-2} + 0.054 GOLD_{t-2} - 0.049 IHSG_{t-3} - 0.064 KURS_{t-3} + 0.114 GOLD_{t-3}$$

$$KURS_t = 0.000129 - 0.075 IHSG_{t-1} - 0.045 KURS_{t-1} - 0.148 GOLD_{t-1} + 0.207 IHSG_{t-2} + 0.001 KURS_{t-2} - 0.031 GOLD_{t-2} - 0.038 IHSG_{t-3} + 0.002 KURS_{t-3} + 0.034 GOLD_{t-3}$$

$$GOLD_t = 0.000182 + 0.050 IHSG_{t-1} - 0.084 KURS_{t-1} - 0.041 GOLD_{t-1} - 0.015 IHSG_{t-2} - 0.084 KURS_{t-2} - 0.039 GOLD_{t-2} + 0.094 IHSG_{t-3} - 0.010 KURS_{t-3} + 0.046 GOLD_{t-3}$$

Dan persamaan model dari GARCH (1,1) =  $7.87e-06 + 0.133439 e^2_{t-1} + 0.782504 \sigma^2_{t-1}$  dipilih berdasarkan pemilihan model terbaik yaitu AIC dan SC model tersebut memiliki nilai AIC dan SC terkecil.

## REFERENSI

- [1] Bollerslev, T., 1986, Generalized Autorregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307-327.
- [2] Gujarati, D.N., 2010, *Ekonometrika*, terjemahan, Jakarta: Salemba Empat.
- [3] Enders, W., 1995, *Applied Econometric Time Series*. John Wiley and Sons Inc.
- [4] Frechtling, D. C., 2001, *Forecasting Tourism Demand: Method and Strategies*. Oxford: Elsevier.
- [5] Makridakis, S. G., S.C. Wheelwright, dan V. E. McGee, 1999, *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: PT Erlangga.
- [6] Pratama, A., 2014, *Peramalan Data Runtun Waktu dengan Model ARIMAX-GARCH dalam pasar modal syariah*, Skripsi. UIN Yogyakarta.
- [7] Rosadi, D., 2005, *Pengantar Analisis Runtun Waktu dengan Eviews 4.0*. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada.
- [8] Halim, S. dan A. Chandra, 2011, Pemodelan Time Series Multivariat Secara Automatis, *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 13, No. 1, hal. 19 – 26.
- [9] Tianto, R., 2014, *Peramalan Harga Saham Perusahaan Seluler di Indonesia Menggunakan Metode Vector Autoregressive (VAR)*, Skripsi, ITS.