

PEMODELAN DAN PERAMALAN INDEKS HARGA SAHAM GABUNGAN (IHSG), JAKARTA ISLAMIC INDEX (JII), DAN HARGA MINYAK DUNIA BRENT CRUDE OIL MENGGUNAKAN METODE VECTOR AUTOREGRESSIVE EXOGENOUS (VARX)

Nunung Hanurowati¹, Moch. Abdul Mukid², Alan Prahutama³

¹Mahasiswa Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staff Pengajar Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

hanu.nunung18@gmail.com, mamukid@gmail.com, alan.prahutama@gmail.com

ABSTRACT

Index of stocks listed on the Indonesia Stock Exchange (IDX) there are conventional that one of them is the *Composite Stock Price Index* (CSPI) and the index of stocks that are sharia is the *Jakarta Islamic Index* (JII). In its movement, the value of CSPI and JII often increases and decreases that are influenced by several factors, one of which is the world oil price of *Brent Crude Oil*. To see the value of CSPI and JII conditions during the period of the next few months it takes the model equations. Because the third such data included in the time series data, we used time series analysis with the appropriate method is the *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX). VARX(p,q) is a model of multivariate time series that consists of several endogenous variable of the time series order p with q adding exogenous variables. The purpose of this study is to obtain an appropriate VARX models and forecasting for data CSPI and JII. The model to predict CSPI and JII with exogenous variables that influence the world oil prices of *Brent Crude Oil* is VARX(1,1). Test parameters for exogenous variables in the model VARX(1,1) not significant at significance level $\alpha = 5\%$, but this result could be ignored and continues to testing residual assumptions. Residual model VARX(1,1) satisfies the assumption of white noise and multivariate normal distribution, in order to obtain results as very good forecast that with each MAPE value for CSPI and JII forecast of 2,71% and 3,63%.

Keywords: CPSI, JII, *Brent Crude Oil*, VARX, MAPE.

1. PENDAHULUAN

Bursa Efek Indonesia (BEI) saat ini memiliki 11 jenis indeks harga saham yang mana ada yang bersifat konvensional dan ada yang bersifat syariah. Indeks saham yang bersifat konvensional salah satunya adalah Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), dan yang bersifat syariah adalah *Jakarta Islamic Index* (JII). Dalam pergerakannya, nilai IHSG dan JII seringkali mengalami kenaikan dan penurunan. Salah satu faktor yang mempengaruhi pergerakan kedua nilai indeks saham tersebut adalah harga minyak dunia *Brent Crude Oil*^[5].

Untuk melihat kondisi nilai IHSG dan JII pada periode mendatang, dibutuhkan suatu model persamaan yang terdiri dari beberapa indeks saham kemudian diramalkan sesuai persamaan yang didapat. Indeks saham dan harga minyak dunia *Brent Crude Oil* termasuk dalam jenis data runtun waktu. Sehingga untuk melakukan prediksi suatu model persamaan dapat digunakan analisis runtun waktu. Model runtun waktu multivariat yang sesuai untuk permasalahan dalam tugas akhir ini adalah model *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX). Model VARX(p,q) merupakan model runtun waktu multivariat yang terdiri dari beberapa variabel endogen dari runtun waktu orde p dengan penambahan q variabel eksogen^[8].

Berdasarkan ulasan tersebut, dalam penelitian tugas akhir ini peneliti bermaksud melakukan pemodelan terhadap data IHSG, JII dan harga minyak dunia *Brent Crude Oil*, serta peramalannya pada data IHSG dan JII. Dimana IHSG dan JII sebagai variabel endogen dan harga minyak dunia *Brent Crude Oil* sebagai variabel eksogen dengan metode penelitian yang digunakan adalah metode *Vector Autoregressive Exogenous* (VARX).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Runtun Waktu

Analisis runtun waktu adalah salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilistik keadaan yang akan terjadi di masa yang akan datang. Tujuan analisis runtun waktu secara umum adalah untuk menemukan bentuk atau pola variasi dari data di masa lampau dan menggunakan pengetahuan ini untuk melakukan peramalan terhadap sifat-sifat dari data di masa yang akan datang^[10].

2.2 Stasioneritas

Suatu runtun waktu dikatakan stasioner rata-rata dan variansi setiap lag adalah konstan pada setiap waktu. Jika data runtun waktu tidak stasioner dalam rata-rata maka dilakukan penanganan dengan *differencing*, sedangkan jika data tidak stasioner dalam varian maka dilakukan penanganan dengan transformasi^[14].

Kestasioneran data runtun waktu multivariat dalam rata-rata dapat dilihat melalui plot *Matrix Autocorrelation Function* (MACF), sedangkan untuk menduga orde sementara orde dari model VAR dapat dilihat melalui plot *Matrix Partial Autocorrelation Function* (MPACF).

2.2.1 Matrix Autocorrelation Function (MACF)

Korelasi silang sampel untuk komponen ke- i dan ke- j pada lag waktu k ($\hat{\rho}_{ij}(k)$) dinyatakan dalam persamaan berikut^[14]:

$$\hat{\rho}_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_{i,t} - \bar{Z}_i)(Z_{j,t+k} - \bar{Z}_j)}{[\sum_{t=1}^n (Z_{i,t} - \bar{Z}_i)^2 \sum_{t=1}^n (Z_{j,t} - \bar{Z}_j)^2]^{1/2}} \quad (1)$$

dimana \bar{Z}_i dan \bar{Z}_j adalah rata-rata sampel dari komponen series yang bersesuaian. Dalam meringkas korelasi sampel terdapat metode sederhana menggunakan simbol-simbol yang dinotasikan dengan (+), (-), dan (.) pada matriks korelasi sampel ke (i,j) . Simbol-simbol tersebut dapat diartikan sebagai berikut:

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

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

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

dimana n adalah banyaknya pengamatan.

2.2.2 Matrix Partial Autocorrelation Function (MPACF)

Persamaan untuk matriks autokorelasi parsial adalah sebagai berikut^[14]:

$$\mathcal{P}(k) = \begin{cases} \Gamma'(1)[\Gamma(0)]^{-1}, & k = 1 \\ \{\Gamma'(k) - \mathbf{c}'(k)[\mathbf{A}(k)]^{-1}\mathbf{b}(k)\}\{\Gamma(0) - \mathbf{b}'(k)[\mathbf{A}(k)]^{-1}\mathbf{b}(k)\}^{-1}, & k > 1 \end{cases} \quad (3)$$

Untuk $k \geq 2$, nilai $\mathbf{A}(k)$, $\mathbf{b}(k)$, dan $\mathbf{c}(k)$ adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{A}(k) = \begin{bmatrix} \Gamma(0) & \Gamma'(1) & \dots & \Gamma'(k-2) \\ \Gamma(1) & \Gamma(0) & \dots & \Gamma'(k-3) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma(k-2) & \Gamma(k-3) & \dots & \Gamma(0) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b}(k) = \begin{bmatrix} \Gamma'(k-1) \\ \Gamma'(k-2) \\ \vdots \\ \Gamma(1) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{c}(k) = \begin{bmatrix} \Gamma(1) \\ \Gamma(2) \\ \vdots \\ \Gamma(k-1) \end{bmatrix} \quad (4)$$

dimana $\Gamma(k)$ adalah matriks kovarian lag- k . Estimasi sampel dari $\mathcal{P}(k)$ bisa dihitung dengan mengganti $\Gamma(k)$ yang tidak diketahui dengan matriks kovarian sampel $\hat{\Gamma}(k)$:

$$\hat{\Gamma}(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (\mathbf{Z}_t - \bar{\mathbf{Z}})(\mathbf{Z}_{t+k} - \bar{\mathbf{Z}})' \quad , k = 1, 2, \dots \quad (5)$$

Identifikasi data berdasarkan nilai MPACF juga dinotasikan dalam bentuk simbol (+), (-), dan (.) seperti pada MACF. Persamaan matriks autokorelasi parsial $\mathcal{P}(k)$, juga memiliki sifat *cut-off* untuk proses AR yaitu ditandai dengan adanya simbol (+) atau (-) pada lag-lag tertentu^[14].

2.3 Model Autoregressive (AR)

Model AR (*Autoregressive*) dengan orde p (AR(p)) menyatakan bahwa data periode sekarang dipengaruhi oleh data pada periode sebelumnya. Secara umum model AR(p) memenuhi persamaan berikut^[14]:

$$Z(t) = \phi(1)Z(t-1) + \phi(2)Z(t-2) + \dots + \phi(p)Z(t-p) + \varepsilon(t) \quad (6)$$

dengan $\phi(p)$ adalah parameter *autoregressive* ke- p dan $\varepsilon(t)$ adalah nilai error pada saat t , dengan $\varepsilon(t) \sim N(0, \sigma^2)$.

2.4 Vector Autoregressive (VAR)

Secara umum model VAR dengan orde p (VAR(p)) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut^[14]:

$$\mathbf{Z}(t) = \Phi(1)\mathbf{Z}(t-1) + \dots + \Phi(p)\mathbf{Z}(t-p) + \boldsymbol{\varepsilon}(t), \text{ dengan } \boldsymbol{\varepsilon}(t) \sim N(0, \sigma^2) \quad (7)$$

dengan $\Phi(i)$ adalah matriks parameter variabel endogen untuk setiap $i = 1, 2, \dots, p$, p adalah orde VAR.

2.5 Vector Autoregressive Exogenous (VARX)

Secara umum bentuk model VARX dengan orde p dan eksogen q (VARX(p, q)) dituliskan sebagai berikut^[9]:

$$\mathbf{Z}(t) = \Phi(1)\mathbf{Z}(t-1) + \dots + \Phi(p)\mathbf{Z}(t-p) + \mathbf{A}(1)\mathbf{X}(t-1) + \dots + \mathbf{A}(q)\mathbf{X}(t-q) + \boldsymbol{\varepsilon}(t) \quad (8)$$

dengan $\mathbf{Z}(t)$, $\mathbf{X}(t)$ adalah vektor dari variabel endogen dan eksogen, $\Phi(i)$ adalah matriks parameter variabel endogen untuk setiap $i = 1, 2, \dots, p$, $\mathbf{A}(j)$ adalah matriks parameter variabel eksogen untuk setiap $j = 1, 2, \dots, q$, dan $\boldsymbol{\varepsilon}(t)$ adalah vektor error ke- t .

2.6 Identifikasi Model VARX

Selain plot MPACF, penentuan panjang lag yang optimal didapat dari persamaan VAR dengan nilai AIC (*Akaike's Information Criterion*) terkecil. Perhitungan dari AIC adalah sebagai berikut^[14]:

$$AIC(p) = \ln(|\hat{\Sigma}_p|) + \frac{2K^2p}{T} \quad (9)$$

dengan $\hat{\Sigma}_p = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{\mathbf{u}}_t [\hat{\mathbf{u}}_t]'$ adalah matriks penduga kovarian residual untuk model VAR(p), $\hat{\mathbf{u}}_t$ merupakan residual pada waktu ke- t untuk model VAR(p), T adalah banyaknya pengamatan, dan K merupakan banyaknya parameter dalam model.

2.7 Pendugaan Parameter Model VARX

Pendugaan parameter dengan menggunakan metode kuadrat terkecil. Model umum VARX(p, q) untuk n sampel pengamatan dapat ditulis dalam bentuk linier^[9] $\mathbf{Y} = \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$ dengan,

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} \mathbf{Z}(1) \\ \mathbf{Z}(2) \\ \vdots \\ \mathbf{Z}(n) \end{bmatrix}_{nx1}, \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{Z}(1-1) & \dots & \mathbf{Z}(1-p) & \mathbf{X}(1-1) & \dots & \mathbf{X}(1-q) \\ \mathbf{Z}(2-1) & \dots & \mathbf{Z}(2-p) & \mathbf{X}(2-1) & \dots & \mathbf{X}(2-q) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{Z}(n-1) & \dots & \mathbf{Z}(n-p) & \mathbf{X}(n-1) & \dots & \mathbf{X}(n-q) \end{bmatrix}_{nx(p+q)},$$

$$\boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\Phi}(1) \\ \vdots \\ \boldsymbol{\Phi}(p) \\ \mathbf{A}(1) \\ \vdots \\ \mathbf{A}(q) \end{bmatrix}_{(p+q)x1}, \quad \text{dan } \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon}(1) \\ \boldsymbol{\varepsilon}(2) \\ \vdots \\ \boldsymbol{\varepsilon}(n) \end{bmatrix}_{nx1} \quad (10)$$

Nilai taksiran untuk parameter $\boldsymbol{\beta}$ dapat dihitung menggunakan penaksir kuadrat terkecil dengan rumus $\boldsymbol{\beta} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$. Dimisalkan terbentuk model VARX(1,1), sehingga persamaan modelnya adalah:

$$\mathbf{Z}(t) = \boldsymbol{\Phi}(1)\mathbf{Z}(t-1) + \mathbf{A}(1)\mathbf{X}(t-1) + \boldsymbol{\varepsilon}(t) \text{ dengan } \boldsymbol{\varepsilon}(t) \sim N(0, \sigma^2) \quad (11)$$

Persamaan (11) dengan $k = 2$ (variabel endogen) untuk n sampel pengamatan dapat ditulis dalam bentuk linier $\mathbf{Y}_k = \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}_k + \boldsymbol{\varepsilon}_k$ dengan,

$$\mathbf{Y}_k = \begin{bmatrix} z_k(1) \\ z_k(2) \\ \vdots \\ z_k(n) \end{bmatrix}_{(kn)x1}, \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} z_1(1-1) & z_2(1-1) & x_1(1-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ z_1(n-1) & z_2(n-1) & x_1(n-1) \end{bmatrix}_{nx(kp+q)},$$

$$\boldsymbol{\beta}_k = \begin{bmatrix} \phi_{k1} \\ \phi_{k2} \\ \alpha_k \end{bmatrix}_{(kp+q)x1}, \quad \text{dan } \boldsymbol{\varepsilon}_k = \begin{bmatrix} \varepsilon_k(1) \\ \varepsilon_k(t) \\ \vdots \\ \varepsilon_k(n) \end{bmatrix}_{(kn)x1} \quad (12)$$

2.8 Pengujian Signifikansi Parameter Model VARX

Pengujian signifikansi parameter pada model VARX menggunakan uji individual (uji-t)^[4] dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Signifikansi Parameter Model VARX

Parameter Endogen	Parameter Eksogen
Hipotesis: H ₀ : $\phi_{ks} = 0$ H ₁ : $\phi_{ks} \neq 0$ untuk $k = 1, 2, \dots, m$ dan $s = 1, 2, \dots, v$	Hipotesis: H ₀ : $\alpha_k = 0$ H ₁ : $\alpha_k \neq 0$ untuk $k = 1, 2, \dots, m$ Statistik uji: $t_{hitung} = \frac{\hat{\alpha}_k}{SE(\hat{\alpha}_k)}$
Statistik uji: $t_{hitung} = \frac{\hat{\phi}_{ks}}{SE(\hat{\phi}_{ks})}$	

Kriteria uji:

Tolak H₀ jika $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2; (n-b)}$ atau p-value $< \alpha$, dengan n adalah banyaknya pengamatan, dan b adalah banyaknya parameter.

2.9 Pengujian Asumsi Residual

2.9.1 Asumsi *White Noise* bagi Residual

Untuk menguji apakah vektor residual memenuhi asumsi *white noise*, maka perlu dilakukan uji Portmanteau. Uji ini digunakan untuk menguji signifikansi secara keseluruhan pada autokorelasi residual hingga lag h (ρ_h)^[7].

Hipotesis:

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

H_1 : minimal ada satu $\rho_j \neq 0$ dimana $j = 1, 2, \dots, h$ (residual tidak memenuhi asumsi *white noise*)

Statistik uji: $Q_h = T \sum_{j=1}^h \text{tr}(\hat{C}'_j \hat{C}_0^{-1} \hat{C}_j \hat{C}_0^{-1})$ (13)

dengan T adalah ukuran sampel, h adalah banyak lag, dan $\hat{C}_j = T^{-1} \sum_{t=j+1}^T \hat{u}_t \hat{u}'_{t-j}$ adalah matriks autokovarians dari penduga residual \hat{u}_t .

Kriteria uji:

H_0 ditolak jika $Q_h \geq \chi^2_{(K^2(h-p); \alpha)}$ atau p-value $< \alpha$, dimana K adalah banyaknya variabel endogen.

2.9.2 Asumsi Normal Multivariat Bagi Residual

Uji yang digunakan adalah uji koefisien korelasi Q-Q plot^[6].

Hipotesis:

H_0 : Residual berdistribusi normal multivariat

H_1 : Residual tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik uji: $r_Q = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})(q_t - \bar{q})}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{t=1}^n (q_t - \bar{q})^2}}$ (14)

Kriteria uji:

H_0 ditolak jika $r_Q < r_{Q(\alpha; n)}$, dengan r_Q adalah koefisien korelasi antara $q_t = \chi^2_{p, \frac{n-t+0.5}{n}}$ dan $x_t = d_t^2$, dan $r_{Q(\alpha; n)}$ adalah titik kritis Q-Q plot pada tabel uji koefisien korelasi untuk normalitas.

2.10 Nilai Tengah Kesalahan Persentase Absolut (*Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*)

MAPE dapat melihat ukuran kinerja hasil ramalan suatu model yaitu semakin kecil nilai MAPE maka semakin baik pula hasil ramalan dari model yang terbentuk. Berikut persamaan untuk MAPE^[11]:

$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{Z_t}}{n} \times 100\%$ (15)

dengan, Z_t adalah nilai data sebenarnya periode ke- t , \hat{Z}_t adalah nilai data hasil ramalan periode ke- t , n adalah banyaknya data.

Hasil ramalan dari suatu model dikatakan mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai MAPE berada di bawah 10% dan mempunyai kinerja bagus jika nilai MAPE berada diantara 10%-20%^[11].

2.11 Indeks Harga Saham Gabungan

Indeks Harga Saham Gabungan atau *Composite Stock Price Index (CPSI)* adalah indeks gabungan dari seluruh jenis-jenis saham yang ada atau tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI). Indeks harga saham gabungan seluruh saham menggambarkan suatu rangkaian informasi historis mengenai pergerakan harga saham gabungan seluruh saham sampai pada tanggal tertentu^[12].

2.12 Jakarta Islamic Index (JII)

JII merupakan salah satu indeks saham di Indonesia yang menghitung indeks harga rata-rata saham untuk jenis kegiatan usaha yang memenuhi kriteria syariah. Dikatakan demikian karena saham-saham yang masuk dalam indeks syariah adalah emiten yang kegiatan usahanya tidak bertentangan dengan prinsip syariah. JII dibentuk dari hasil kerjasama antara PT BEI (saat itu Bursa Efek Jakarta) dengan PT Danareksa Investment Management (PT DIM)^[13].

2.13 Harga Minyak Dunia *Brent Crude Oil*

Minyak mentah atau *crude oil* merupakan salah satu energi utama yang sangat dibutuhkan. Hasil dari pengolahan minyak mentah dapat menjadi energi untuk melakukan kegiatan produksi. Salah satu jenis minyak mentah yang diperdagangkan di dunia yang sempat menjadi harga standar untuk seluruh jenis minyak mentah di dunia adalah *Brent Bland* atau *Brent Crude Oil*. *Brent Crude Oil* merupakan jenis minyak mentah yang sumbernya berasal dari sumur yang berlokasi di laut utara Eropa^[2].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diambil dari <http://finance.yahoo.com/> untuk data IHSG dan JII, sedangkan harga minyak dunia *Brent Crude Oil* diambil dari <http://www.indexmundi.com/>. Data tersebut merupakan data bulanan dari Maret 2006 sampai dengan Februari 2016. Dimana dari Maret 2006 sampai Agustus 2015 merupakan data *in sample*, sedangkan dari September 2015 sampai dengan Februari 2016 merupakan data *out sample*.

3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini variabel-variabel penelitian yang digunakan terdiri atas dua variabel endogen dan satu variabel eksogen. Data IHSG dan JII sebagai variabel endogen, sedangkan data harga minyak dunia *Brent Crude Oil* sebagai variabel eksogen.

3.3 Langkah-langkah Analisis Data

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data adalah:

1. Melakukan analisis statistika deskriptif.
2. Memeriksa kestasioneran data secara visual dengan plot MACF dari data awal. Jika masing-masing data belum stasioner terhadap rata-rata maka perlu dilakukan *differencing* dan jika data belum stasioner terhadap varian maka perlu dilakukan transformasi.
3. Memeriksa kembali kestasioneran data dengan membuat plot MACF berdasarkan data *differencing*.
4. Melakukan identifikasi orde model VARX melalui MPACF dan nilai AIC minimum.
5. Melakukan pendugaan parameter model VARX dengan estimasi *least square*.
6. Melakukan pengujian signifikansi parameter model VARX.
7. Melakukan pemeriksaan asumsi residual dari model VARX yaitu asumsi *white noise* bagi residual dan asumsi normal multivariat bagi residual.
8. Melakukan peralaman data dengan model yang terpilih.
9. Menghitung nilai MAPE hasil ramalan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Stasioneritas

Kestasioneran data dalam rata-rata secara simultan dapat dilihat melalui plot MACF.

Tabel 2. MACF Data IHSG, JII, dan *Brent Crude Oil*

Schematic Representation of Cross Correlations													
Variable/	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lag													
ihsg	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++.
jii	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++.
brent	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++.	++.

+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between

Tabel 2 memperlihatkan bahwa banyak lag yang mempunyai nilai korelasi melebihi 2 kali standar *error* yaitu ditunjukkan oleh banyaknya simbol (+) pada plot MACF yang berarti secara simultan ketiga variabel memiliki korelasi positif, sehingga dapat dikatakan bahwa data IHSG, JII, dan harga minyak dunia *Brent Crude Oil* tidak stasioner dalam rata-rata, sehingga perlu dilakukan *differencing*.

Tabel 3. MACF Data IHSG, JII, dan *Brent Crude Oil* Setelah *Differencing 1*

Schematic Representation of Cross Correlations													
Variable/	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lag													
d1_ihsg	+++	..++
d1_jii	+++	..++-
d1_brent	+++	..+	..+-

+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between

Tabel 3 menunjukkan bahwa secara simultan data d1_ihsg ($Z_1(t)$), d1_jii ($Z_2(t)$), dan d1_brent ($X(t)$) sudah stasioner dalam rata-rata. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya simbol (.) pada plot MACF yang berarti nilai korelasi silang antar variabel pada beberapa lag berada diantara +2 dan -2 kali standar *error*. Sementara simbol (+) dan (-) pada plot MACF hanya keluar pada lag-lag tertentu.

4.1 Identifikasi Model VARX

Identifikasi model dilakukan dengan menggunakan plot MPACF dan nilai *Akaike AIC* terkecil. Plot MPACF dari data IHSG, JII, dan harga minyak dunia *Brent Crude Oil* setelah *differencing 1* ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. MPACF Data IHSG, JII, dan *Brent Crude Oil* Setelah *Differencing 1*

Schematic Representation of Partial Cross Correlations												
Variable/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lag												
d1_ihsg
d1_jii	..++-
d1_brent	..+-

+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between

Tabel 4 memperlihatkan bahwa lag yang keluar melebihi ± 2 kali standar *error* terdapat pada lag 1, 3 dan 9. Dari lag-lag yang keluar pada plot MPACF dicari lag dengan nilai AIC terkecil yang akan menjadi orde model VAR. Nilai-nilai AIC dari lag 1 sampai dengan lag 10 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. AIC Data IHSG, JII, dan *Brent Crude Oil* Setelah *Differencing 1*

Information Criterion for Autoregressive Models					
Lag=0	Lag=1	Lag=2	Lag=3	Lag=4	Lag=5
2246.825	2207.581	2221.623	2225.177	2227.214	2238.389
Lag=6	Lag=7	Lag=8	Lag=9	Lag=10	
2251.613	2264.961	2281.492	2275.833	2286.004	

Tabel 5 memperlihatkan bahwa nilai AIC terkecil terdapat pada lag 1. Artinya model VAR yang terbentuk dari identifikasi pada tahap ini adalah model VAR dengan orde $p = 1$ atau VAR(1). Karena dalam penelitian ini menggunakan satu variabel eksogen yaitu harga minyak dunia *Brent Crude Oil*. Sehingga model yang terbentuk berdasarkan identifikasi di atas adalah model VARX(1,1).

4.2 Pemodelan VARX

Dengan menggunakan *software SAS System For Windows 9.0* diperoleh hasil pendugaan parameter model VARX(1,1) menggunakan penaksir *least square*. Kemudian terbentuklah 2 persamaan model peramalan yaitu IHSG ($\hat{z}_1(t)$) dan JII ($\hat{z}_2(t)$) yaitu sebagai berikut:

$$\hat{z}_1(t) = 0,06572 z_1(t-1) + 0,51634 z_2(t-1) + 0,19937 x_1(t-1) \quad (16)$$

$$\hat{z}_2(t) = 0,06167 z_1(t-1) - 0,33902 z_2(t-1) + 0,00995 x_1(t-1) \quad (17)$$

4.3 Pengujian Signifikansi Parameter

Tabel 6. Hipotesis Parameter Model VARX(1,1)

Parameter Endogen	Parameter Eksogen
Hipotesis: H ₀ : $\phi_{ks} = 0$ H ₁ : $\phi_{ks} \neq 0$ untuk $k = 1,2$ dan $s = 1,2$	Hipotesis: H ₀ : $\alpha_k = 0$ H ₁ : $\alpha_k \neq 0$ untuk $k = 1,2$

Taraf signifikansi $\alpha = 5\%$

Statistik uji:

Tabel 7. Nilai t_{hitung} dan p -value Penaksir Parameter Model VARX(1,1)

Parameter	t-hitung	P-value	Keputusan
ϕ_{11}	0,39	0,6999	H ₀ diterima
ϕ_{12}	0,55	0,5837	H ₀ diterima
ϕ_{21}	2,04	0,0442	H ₀ ditolak
ϕ_{22}	-2,03	0,0452	H ₀ ditolak
α_1	1,08	0,2810	H ₀ diterima
α_2	0,30	0,7622	H ₀ diterima

Kriteria uji:

Tolak H₀ jika $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2;(n-b)}$ atau p -value $< \alpha$, dengan n adalah banyaknya pengamatan, dan b adalah banyaknya parameter.

Kesimpulan:

Berdasarkan Tabel 7, pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ dapat disimpulkan bahwa pada model IHSG tidak ada parameter yang signifikan. Sedangkan pada model JII hanya ada satu parameter yang tidak signifikan yaitu $\hat{\alpha}_2$. Namun, hasil pengujian ini dapat diabaikan karena telah terbukti bahwa uji signifikansi statistik dapat menghambat *progress* dalam peramalan^[3].

4.4 Pengujian Asumsi Residual

4.4.1 Asumsi White Noise bagi Residual

Hipotesis:

H₀: $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_h = 0$ (residual memenuhi asumsi *white noise*)

H₁: minimal ada satu $\rho_i \neq 0$ dimana $i = 1,2, \dots, h$ (residual tidak memenuhi asumsi *white noise*)

Taraf signifikansi $\alpha = 5\%$

Statistik uji:

$$Q_h = T \sum_{j=1}^h tr(\hat{\mathbf{C}}_j' \hat{\mathbf{C}}_0^{-1} \hat{\mathbf{C}}_j \hat{\mathbf{C}}_0^{-1})$$

Kriteria uji:

Tolak H₀ jika $Q_h \geq \chi^2_{(K^2(h-p); \alpha)}$ atau p -value $< \alpha$

Keputusan:

Tabel 8. Uji Asumsi *White Noise* bagi Residual sampai dengan lag 10

Lag	Q_h	$\chi^2_{(K^2(h-p); \alpha)}$	<i>p-value</i>	Keputusan
2	0,65	9,49	0,9575	H ₀ diterima
3	6,65	15,51	0,5744	H ₀ diterima
4	9,18	21,03	0,6876	H ₀ diterima
5	11,96	26,30	0,7468	H ₀ diterima
6	13,72	31,41	0,8445	H ₀ diterima
7	16,25	36,42	0,8789	H ₀ diterima
8	17,89	41,34	0,9289	H ₀ diterima
9	29,25	46,19	0,6066	H ₀ diterima
10	29,71	51,00	0,7609	H ₀ diterima

Kesimpulan:

Tabel 8 memperlihatkan pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ diperoleh hasil bahwa residual dari model VARX(1,1) memenuhi asumsi *white noise*.

4.4.2 Asumsi Normal Multivariat bagi Residual

Hipotesis:

H₀: residual berdistribusi normal multivariat

H₁: residual tidak berdistribusi normal multivariat

Taraf signifikansi $\alpha = 5\%$

Statistik uji:

$$r_Q = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})(q_t - \bar{q})}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{t=1}^n (q_t - \bar{q})^2}} = 0,9888$$

Kriteria uji:

H₀ ditolak jika $r_Q < r_{Q(\alpha; n)}$, dengan r_Q adalah koefisien korelasi antara $q_t = \chi^2_{p, \frac{n-t+0,5}{n}}$ dan $x_t = d_t^2$, dan $r_{Q(\alpha; n)}$ adalah titik kritis Q-Q plot pada tabel uji koefisien korelasi untuk normalitas

Keputusan:

Karena nilai $r_Q = 0,9888 > r_{Q(0,05;113)} = 0,9883$ maka H₀ diterima

Kesimpulan:

Pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ disimpulkan bahwa residual dari model VARX(1,1) sudah mengikuti distribusi normal multivariat.

4.5 Peramalan

Hasil ramalan data IHSG dan JII menggunakan model VARX(1,1) dengan pengaruh variabel eksogen harga minyak dunia *Brent Crude Oil* dari September 2015 – Februari 2016 dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Ramalan Data IHSG dan JII menggunakan Model VARX(1,1)

Tahun	Bulan	Data Aktual		Data Ramalan	
		IHSG	JII	IHSG	JII
2015	September	4223,91	556,09	4477,2	595,5
	Oktober	4455,18	586,10	4482,9	594,9
	November	4446,46	589,80	4492,3	595,9
	Desember	4593,01	603,35	4502,7	596,6
2016	Januari	4615,16	612,75	4512,9	597,5
	Februari	4770,96	641,86	4523,2	598,3

4.6 Perhitungan MAPE

Ketepatan ramalan model VARX(1,1) berdasarkan MAPE *out sample* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Indeks Saham	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)
IHSG	2,71 %
JII	3,63 %

Berdasarkan Tabel 10 terlihat bahwa model VARX(1,1) menghasilkan nilai ramalan dengan MAPE untuk indeks saham IHSG sebesar 2,71%, dan untuk indeks saham JII sebesar 3,63%. Nilai MAPE hasil ramalan indeks saham IHSG dan JII tersebut berada dibawah 10%, sehingga dapat disimpulkan bahwa ketepatan ramalan model VARX(1,1) tergolong sangat bagus.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa model VARX yang terbentuk untuk data IHSG, JII, dan harga minyak dunia *Brent Crude Oil* adalah model VARX(1,1). Uji signifikansi parameter untuk variabel eksogen yaitu harga minyak dunia *Brent Crude Oil* tidak berpengaruh secara signifikan pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$, namun hasil ini bisa diabaikan dan berlanjut ke tahap berikutnya yaitu pengujian asumsi residual. Dari pengujian asumsi residual diketahui bahwa residual dari model VARX(1,1) memenuhi asumsi *white noise* dan mengikuti distribusi normal multivariat. Sehingga model VARX(1,1) yang terbentuk dapat digunakan untuk peramalan. Hasil ramalan data IHSG dan JII dengan menggunakan model VARX(1,1) tergolong sangat bagus jika dilihat dari nilai MAPE *out sample*, yaitu masing-masing sebesar 2,71% dan 3,63%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggraeni, W. dan Febrian, D. 2011. An Experimental Study on Bank Forecasting Using Regression Dynamic Linier Model. *Jurnal Creative Communication and Innovative Technology (CCIT)*. Vol. 5 No. 1: 1978-8282.
- [2] Anonim. *Ketahui 4 Jenis Minyak Mentah yang diperdagangkan di Dunia*. (<http://www.amazine.com/39044/ketahui-4-jenis-minyak-mentah-yang-diperdagangkan-di-dunia/>), diakses pada tanggal 29 April 2016).
- [3] Armstrong, J. S. (2007). *Significance Tests Harm Progress in Forecasting*. *International Journal of Forecasting* (23), 321–327.
- [4] Bowerman, B. L., dan O'Connell, R. T. (1993). *Forecasting and Time Series : an Applied Approach* (2nd ed.). California: Duxbury Press.
- [5] Fitriany, Rista. 2015. Pengaruh Variabel Makroekonomi terhadap IHSG dan JII Tahun 2004.1 – 2013-12. *Jurnal Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan Fakultas Ekonomi Universitas Jember*.
- [6] Johnson, R.A dan Wichern D.W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Sixth Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- [7] Lutkepohl, H. 2005. *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. New York: Springer.
- [8] Nurfajri, R. N. 2014. *Penaksiran Parameter Model VARX(2,1) dengan Metode Kuadrat Terkecil serta Penerapannya pada Data Saham dan Kurs Rupiah*. *Jurnal Unpad* Vol. 1, No. 1. Jatinagor.
- [9] Ocampo, S. and Rodriguez, N. 2011. *An Introductory Review of a Structural VAR-X Estimation and Applications*. Journal no. 686.

- [10] Soejoeti, Z. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Jakarta : Karunika Jakarta Universitas Terbuka.
- [11] Spiegel, M. R dan Stephens, L.J. 2004. *Schaum's Outlines of Theory and Problems of Statistic, Third Edition: Teori dan Soal-soal Statistik, Edisi Ketiga*. Alih bahasa Wiwit K dan Irzam H. Jakarta: PT Erlangga.
- [12] Sunariyah. 2004. *Pengantar Pengetahuan Pasar Modal*. Yogyakarta: UPP AMP YKPN.
- [13] Susanto, Burhanudin. 2008. *Pasar Modal Syariah Tinjauan Hukum*. Yogyakarta: UII Press.
- [14] Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. Second Edition. USA : Pearson Education, Inc.