

Peramalan *Netflow* Uang Kartal dengan Metode ARIMAX dan *Radial Basis Function Network* (Studi Kasus Di Bank Indonesia)

Renny Elfira Wulansari dan Suhartono

Jurusan Statistika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: suhartono@statistika.its.ac.id

Abstrak— BI memiliki satu tujuan tunggal yakni mencapai dan menjaga kestabilan nilai rupiah. Salah satu hal yang dilakukan untuk memenuhi tujuan ini adalah dengan pemantauan *netflow* uang kartal dengan meramalkan *netflow* uang kartal. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan *netflow* uang kartal dengan metode ARIMAX dan *Artificial Neural Network* (ANN) dilanjutkan dengan membandingkan hasil ketepatan peramalan kedua metode tersebut. Pada penelitian ini *netflow* uang kartal akan diramalkan dengan ARIMAX dengan efek variasi kalender dan variabel prediktor IHK serta kurs. Metode yang digunakan untuk ANN adalah metode *Radial Basis Function Network* (RBFN). Diperoleh hasil bahwa model ARIMAX dengan efek variasi kalender dan variabel prediktor IHK merupakan model dengan peramalan *netflow* uang kartal terbaik.

Kata Kunci—ARIMAX, Fungsi Transfer, *Netflow* Uang Kartal, RBFN, Variasi Kalender.

I. PENDAHULUAN

BANK Indonesia (BI) merupakan bank sentral Republik Indonesia. BI memiliki satu tujuan tunggal yakni mencapai dan menjaga kestabilan nilai rupiah [1]. *Netflow* uang kartal merupakan segmen yang selalu dipantau oleh BI agar BI dapat menentukan kebijakan terhadap proses uang keluar dan uang masuk pada Bank Indonesia. Hal ini dilakukan dalam memenuhi tujuan tunggal BI. Pemantauan *netflow* uang kartal salah satunya dengan melakukan peramalan *netflow* uang kartal.

BI telah memiliki beberapa metode dalam meramalkan *netflow* BI, yaitu metode ekstrapolasi data dan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Namun hasil peramalan kedua metode ini terkadang masih jauh dari hasil *actual netflow* BI karena kedua metode ini belum dapat menggambarkan pola musiman dari suatu data dan efek hari raya idul fitri yang menimbulkan tingginya *netflow* uang kartal, terutama hari raya idul fitri ini bergeser 11 hari tiap tahunnya. Maka dari itu penelitian ini akan mencoba meramalkan *netflow* uang kartal dengan metode ARIMAX dengan efek variasi kalender. Penelitian lain yang menggunakan metode ini adalah penelitian Suhartono et al tahun 2010 [2]. Penelitian ini digunakan untuk meramalkan hasil penjualan salah satu perusahaan retail per bulan khususnya pada bulan dimana terdapat hari raya idul fitri. Penelitian ini membandingkan hasil peramalan antara metode ARIMAX dengan tren stokastik, ARIMAX dengan tren deterministik, dekomposisi, ARIMA musiman (SARIMA), dan *Artificial Neural Network* (ANN).

Metode ANN merupakan teknik peramalan baru dalam bidang ekonomi dan keuangan. Kelebihan dari model ini adalah model ini bebas dari asumsi linieritas yang harus digunakan dalam metode ekonometrika tradisional seperti ARIMA. Rujukan [3] merupakan penelitian tentang perbandingan proyeksi inflasi antara model ekonometrika sederhana yaitu ARIMA, *Vector Autoregressive* (VAR), dan *Bayesian Vector Autoregression* dengan ANN. Berdasarkan penelitian tersebut didapat kesimpulan hasil proyeksi ANN lebih baik dibandingkan proyeksi menggunakan model ekonometrika sederhana. Maka dari itu untuk mendapatkan hasil peramalan terbaik akan dilakukan perbandingan hasil proyeksi antara ARIMAX dengan ANN. Metode ANN yang digunakan adalah *Radial Basis Function Network* (RBFN). IHK dan kurs akan dimasukkan sebagai variabel prediktor dalam meramalkan *netflow* uang kartal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Fungsi Transfer

Fungsi transfer merupakan metode peramalan nilai deret waktu Z_t yang didasarkan nilai-nilai masa lalu deret itu sendiri serta pada satu atau lebih deret waktu lain yang berhubungan dengan deret waktu Z_t tersebut (deret *input* X_t). Bentuk umum model fungsi transfer *single input* (X_t) dan *single output* (Z_t) adalah sebagai berikut [4].

$$Z_t = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} X_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (1)$$

dengan,

Z_t : deret *output* yang stasioner

X_t : deret *input* yang stasioner

η_t : deret *noise*

$$\omega_s(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s \quad (2)$$

$$\delta_r(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r \quad (3)$$

B. ARIMAX (dengan Efek Variasi Kalender)

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) merupakan penggabungan antara model *Autoregressive* (AR) dan *Moving Average* (MA) serta proses *differencing* terhadap data *time series*. Secara umum, model ARIMA dituliskan sebagai ARIMA (p, d, q) dengan model matematis sebagai berikut [5].

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B) a_t \quad (4)$$

dengan,

(p, d, q) : orde AR (p), orde *differencing* (d), orde MA (q) untuk pola non musiman.

$\phi_p(B)$: koefisien AR dengan derajat p .

$$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \quad (5)$$

$\theta_q(B)$: koefisien MA dengan derajat q .

$$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \quad (6)$$

Model ARIMAX adalah model ARIMA dengan tambahan variabel. Terdapat beberapa jenis tambahan variabel, misalnya variabel *dummy* untuk efek variasi kalender dan tren deterministik. Variasi kalender merupakan pola musiman dengan panjang periode yang bervariasi. Variasi kalender bisa disebabkan oleh adanya variasi hari kerja dan variasi hari besar suatu agama/kebudayaan tertentu dari bulan ke bulan hingga tahun ke tahun [2]. Berikut Model ARIMAX dengan tren deterministik.

$$Z_t = lt + \beta_1 V_{1,t} + \beta_2 V_{2,t} + \dots + \beta_k V_{k,t} + m_1 S_{1,t} + m_2 S_{2,t} + \dots + m_z S_{z,t} + \frac{\theta_q(B)}{\phi_p(B)} a_t \quad (7)$$

dengan,

$V_{k,t}$: variabel *dummy* untuk variasi kalender ke- k

l : koefisien parameter variabel tren deterministik

m : variabel *dummy* bulan

C. Radial Basis Function Network (RBFN)

Secara umum komponen *Radial Basis Function Network* (RBFN) adalah *neuron*, fungsi aktivasi, dan bobot (*weight*). Pemodelan RBFN dilihat pada bentuk jaringan yang terdiri dari jumlah neuron pada *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*, serta fungsi aktivasi yang digunakan. RBFN dapat mencapai solusi optimal yang global dengan menyesuaikan bobot dalam nilai MSE minimum menggunakan metode optimasi linier. Berikut adalah contoh pencarian output dari arsitektur RBFN [5].

$$Z_t = F(x) = \sum_{i=1}^{m_1} w_i \phi(\|x - c_i\|) \quad (8)$$

dengan:

i : 1, ..., m_1

$F(x)$: output RBFN

w_i : bobot (*weight*)

c_i : *center*

$\|\cdot\|$: *Euclidean Norm*

$\phi(r)$: fungsi aktivasi

D. Identifikasi Outlier

Data time series kadang kala dipengaruhi kejadian-kejadian tertentu misalnya krisis ekonomi dan politik yang tiba-tiba atau kesalahan tulis atau pencatatan yang tidak disadari. Konsekuensi dari kejadian-kejadian ini membuat observasi palsu yang tidak konsisten dengan pola data. Observasi ini dinamakan *outlier*. Dalam pemodelan *time series*, *outlier* diklasifikasikan menjadi *additive outlier* (AO), *innovative outlier* (IO), *level shift* (LS), dan *transitory change* (TC). Model *outlier* dituliskan sebagai berikut [5].

$$Z_t = \sum_{j=1}^k w_j v_j(B) I_j^{(T_j)} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (9)$$

dimana:

$I_j^{(T_j)}$: variabel indikator yang menyatakan keberadaan *outlier* pada waktu ke-T

$$I_j^{(T_j)} = \begin{cases} 1, & t = T_j \\ 0, & t \neq T_j \end{cases} \quad (10)$$

$v_j(B)$: 1 untuk AO

$v_j(B)$: $\frac{\theta(B)}{\phi(B)}$ untuk IO

$v_j(B)$: $\frac{1}{(1-B)}$ untuk LS

$v_j(B)$: $\frac{1}{(1-\delta B)}$; $0 < \delta < 1$ untuk TC

E. Pemilihan Model Terbaik

Error peramalan merupakan faktor yang dipertimbangkan saat pemilihan model terbaik dalam pemodelan data deret waktu. Error yang dihasilkan menunjukkan selisih antara hasil estimasi dengan nilai sebenarnya. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan salah satu kriteria yang dapat digunakan dalam pemilihan model [5]. Perhitungan nilai MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| \right) \quad (11)$$

dengan

Z_t = nilai sesungguhnya

\hat{Z}_t = nilai peramalan

n = jumlah ramalan

III. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data *netflow* uang kartal dan data nilai tukar rupiah per satuan dollar AS (Kurs) didapat dari Bank Indonesia Jakarta, sedangkan data Indeks Harga Konsumen Indonesia didapat dari Badan Pusat Statistik Indonesia. Periode dari data adalah Januari 2005 hingga Desember 2013.

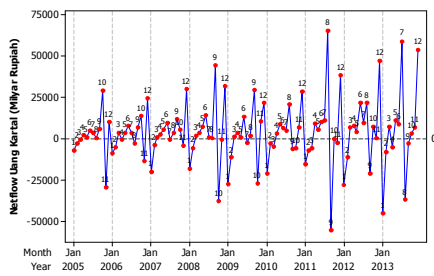
Langkah analisis dimulai dengan menganalisis karakteristik dari data *netflow* uang kartal. Selanjutnya meramalkan *netflow* uang kartal dengan ARIMAX akibat efek variasi kalender. Metode kedua yang digunakan dalam meramalkan *netflow* uang kartal adalah fungsi transfer. Ketika variasi kalender dan variabel prediktor (input dalam fungsi transfer) signifikan mempengaruhi *netflow* uang kartal maka dilakukan peramalan pada penggabungan variabel dari kedua metode ini. Dari ketiga model yang didapat dibentuk model RBFNnya dan dibandingkan kebaikan model serta kebaikan peramalannya dengan melihat nilai MAPE-nya.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Netflow Uang Kartal

Time Series Plot data *netflow* uang kartal pada gambar 1 menunjukkan bahwa *netflow* uang kartal memiliki pola data musiman. *Net outflow* tinggi umumnya terjadi pada bulan Desember. *Net outflow* tinggi juga terjadi pada Oktober 2005 dan 2006, September 2007-2009, Agustus 2010-2012, dan Juli 2013. *Net inflow* tinggi umumnya terjadi pada bulan Januari. *Net inflow* yang tinggi juga terjadi pada November tahun 2005-2007, Oktober 2008 dan 2009, September 2010-2012, dan Agustus 2013. Bulan-bulan yang menunjukkan pergerakan *netflow* uang kartal yang signifikan ini memberikan indikasi adanya efek variasi kalender pada

netflow uang kartal. Efek variasi kalender ini diduga akibat adanya hari raya Idul Fitri yang setiap tahunnya terjadi 11 hari lebih awal dari tahun sebelumnya.



Gambar 1. Time Series Plot Netflow Uang Kartal

Pola netflow yang mengalami pergerakan signifikan dijelaskan lebih detail di tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 didapatkan identifikasi:

- Januari merupakan bulan yang umumnya mengalami netflow rendah dibanding bulan lain.
- Desember merupakan bulan yang umumnya mengalami netflow tinggi dibanding bulan lain.
- Ketika Idul Fitri jatuh pada minggu ke-1 atau ke-2, umumnya netflow terendah terjadi pada bulan terjadinya Idul Fitri sedangkan netflow tertinggi terjadi satu bulan sebelum terjadinya Idul Fitri pada tahun tersebut.
- Ketika Idul Fitri jatuh pada minggu ke-3 atau ke-4, umumnya netflow terendah terjadi satu bulan setelah terjadinya Idul Fitri sedangkan netflow tertinggi terjadi pada bulan terjadinya Idul Fitri pada tahun tersebut.

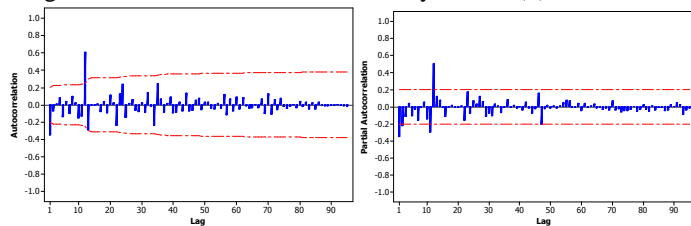
Tabel 1.

Netflow Tertinggi Dan Terendah Tahun 2005-2013

Tahun	Netflow Terendah	Netflow Tertinggi	Terjadinya Hari Raya
2005	Januari, Nopember	Oktober, Desember	Minggu Ke-1 Nopember
2006	Januari, Nopember	Oktober, Desember	Minggu Ke-4 Oktober
2007	Januari, Nopember	September, Desember	Minggu Ke-2 Oktober
2008	Januari, Oktober	September, Desember	Minggu Ke-1 Oktober
2009	Januari, Oktober	September, Desember	Minggu Ke-4 September
2010	Januari, September	Agustus, Desember	Minggu Ke-2 September
2011	Januari, September	Agustus, Desember	Minggu Ke-4 Agustus
2012	Januari, September	Agustus, Desember	Minggu Ke-3 Agustus
2013	Januari, Agustus	Juli, Desember	Minggu Ke-2 Agustus

B. Peramalan dengan ARIMAX (Efek Variasi Kalender)

Tahap pertama adalah melihat apakah data telah stasioner dalam *mean* dan *varian*. Hasil transformasi box-cox menunjukkan uang kartal sudah stasioner dalam *varian*, dan berdasarkan tes *Dickey-Fuller* data netflow uang kartal telah stasioner dalam *mean*. Lag yang signifikan pada Plot ACF dan PACF di gambar 2 adalah lag 1 dan 12 sehingga dugaan order untuk model ARIMAX yaitu AR(1).



Gambar 2. Plot ACF dan PACF Netflow Uang Kartal

Variabel yang digunakan untuk mewakili efek variasi kalender adalah variabel *dummy* dengan periode mingguan

pada periode satu bulan sebelum terjadinya Idul Fitri, periode bulan saat Idul Fitri, dan periode satu bulan setelah terjadinya Idul Fitri.

$$V_{i,t} = \begin{cases} 1, & \text{bulan ke } -t \text{ dengan kejadian Idul Fitri di minggu ke } -i \\ 0, & \text{bulan lainnya} \end{cases}$$

$$V_{i,t-1} = \begin{cases} 1, & \text{bulan ke } -(t-1) \text{ dengan kejadian Idul Fitri di minggu ke } -i \\ 0, & \text{bulan lainnya} \end{cases}$$

$$V_{i,t+1} = \begin{cases} 1, & \text{bulan ke } -(t+1) \text{ dengan kejadian Idul Fitri di minggu ke } -i \\ 0, & \text{bulan lainnya} \end{cases}$$

dengan $i = 1, 2, 3, 4$.

Variabel t akan digunakan untuk menyatakan adanya tren positif pada pola *time series*, t merupakan urutan periode bulanan, sehingga nilai t adalah $1, 2, \dots, 96$. Sedangkan pola musiman akan diwakili dengan variabel *dummy* bulan yaitu $S_{1,t}, S_{2,t}, \dots, S_{12,t}$. Indeks $1, 2, \dots, 12$ menyatakan bulan Januari, Februari, hingga Desember.

Berdasarkan hasil estimasi dan uji parameter terdapat variabel yang tidak signifikan. Maka dilakukan *backward elimination* untuk mengeliminasi variabel yang tidak signifikan. Persamaan (11) merupakan model ARIMAX setelah dilakukan *backward elimination* dimana seluruh parameternya telah signifikan.

$$Z_t = 53,44t - 37464,6V_{1,t} + 49947,3V_{1,t-1} + 21666,4V_{2,t-1} + 15105,6V_{3,t-1} + 42236,7V_{4,t} - 28998,6V_{4,t+1} - 20850,7S_{1,t} - 9280,3S_{2,t} + 9189,1S_{6,t} - 9905,1S_{9,t} - 7690,4S_{10,t} + 25844,4S_{12,t} + \frac{1}{(1 + 0,546B)} a_t \quad (13)$$

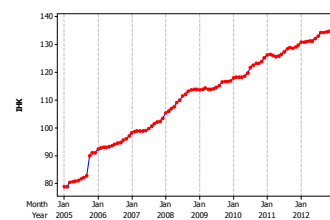
Berdasar uji *white noise* menggunakan Ljung-Box diketahui residual telah *white noise*, tetapi berdasar uji Kolmogorov-Smirnov (KS) diketahui residual belum berdistribusi normal. Ketidaknormalan residual ini untuk sementara diabaikan.

C. Peramalan dengan Fungsi Transfer (ARIMA dengan Tambahan Variabel Prediktor)

Pertama dilakukan pemodelan fungsi transfer univariat antara netflow uang kartal dan IHK, juga antara netflow uang kartal dan kurs. Kemudian dilakukan pemodelan fungsi transfer multi-input antara netflow uang kartal dengan IHK dan kurs.

Peramalan Fungsi Transfer Univariat Antara Netflow Uang Kartal dengan IHK

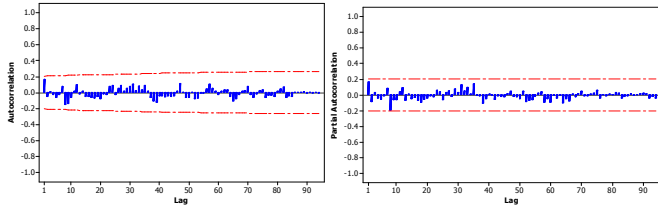
Tahap awal pemodelan fungsi transfer adalah melakukan proses *prewhitening* deret *input* IHK dan deret *output* netflow uang kartal. Gambar 3 mengindikasikan bahwa IHK telah stasioner dalam *varian* tetapi belum stasioner dalam *mean*. Kestasioneran dalam *varian* ini diperkuat oleh hasil transformasi Box-Cox. Berdasarkan tes *Dickey-Fuller* diketahui data IHK tidak stasioner dalam *mean*. Maka perlu dilakukan *differencing* untuk menstasionerkan *mean* IHK.



Gambar 3. Plot Time Series IHK

Gambar 4 menunjukkan plot ACF dan PACF dari data IHK setelah *differencing* 1 reguler. Model ARIMA yang

diduga sesuai untuk IHK adalah ARIMA (1,1,1). Berdasar hasil pengujian signifikansi seluruh parameter telah signifikan. Melalui uji Ljung-Box didapatkan residual juga telah *white noise*. Maka model dugaan deret *input* IHK telah memenuhi asumsi pada tahap *prewhitening*.



Gambar 4. Plot ACF dan PACF IHK Setelah Differencing

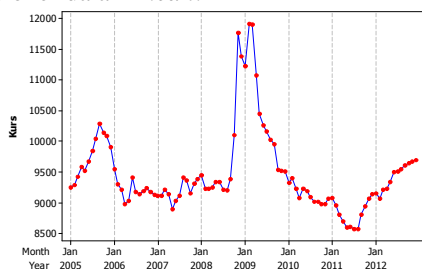
Selanjutnya dibentuk *crosscorrelation function*(CCF) antara deret *input* dengan deret *output* yang telah melalui proses *prewhitening*, untuk mendapat-kan nilai *b, r, s*. Plot CCF antara *netflow* uang kartal dan IHK menunjukkan IHK berpengaruh signifi-kan terhadap *netflow* uang kartal pada lag ke-1. Dari plot CCF didapat dugaan *b, r, s*(1,0,0).Berdasarkan estimasi parameterdiketahui *b, r, s* telah signifikan. Residual model fungsi transfer sementara dengan *b,r,s* (1,0,0) belum memenuhi asumsi *white noise*. Maka perlu ditambahkan deret *noise* dalam estimasi parameter.Model yang diduga sebagai deret *noise* adalah ARIMA (3,0,0)(1,0,0)¹². Persamaan (12) merupakan model fungsi transfer IHK ARIMA(1,1,1) dengan *b, r, s* (1,0,0) dan deret *noise* ARIMA(3,0,0)(1,0,0)¹²yang telah signifikan.

$$Z_t(1 - B) = -1114,9X_{1,t-1}(1 - B) + \frac{a_t}{(1 + 1,22B + 0,95B^2 + 0,43B^3)(1 - 0,77B^{12})} \quad (14)$$

Melalui uji Ljung-Box didapatkan bahwa residual model telah *white noise* dan melalui uji diketahui residual belum berdistribusi normal. Untuk sementara ketidaknormalan residual ini diabaikan.

Peramalan Fungsi Transfer Univariat Antara Netflow Uang Kartal dengan Kurs

Pertama dilakukan proses *prewhitening* deret *input*kurs dan deret *output netflow* uang kartal. Gambar 5 mengindikasi-kan bahwa kurs stasioner dalam *varian* tetapi belum stasioner dalam *mean*.



Gambar 5. Plot Time Series kurs

Dilakukan uji Box-Cox dengan hasil yang membuktikan bahwa data kurs telah stasioner dalam *varian*. Hasil tes *Dickey-Fuller*menunjukkan data kurs belum stasioner dalam *mean*, maka data di-*differencing*.

Model ARIMA yang diduga sesuai untuk kurs adalah ARIMA (0,1,[3]).Berdasarkan hasil pengujian signifikansi didapatkan bahwa parameter ARIMA(0,1,[3]) telah signifikan. Melalui uji Ljung-Box asumsi *white noise*juga telah terpenuhi. Selanjutnya dibentukCCFuntuk mendapat*b, r, s*. Berdasarkan plot CCF antara *netflow* uang kartal dengan kurstidak ada lag yang signifikan pada plot CCF, maka dapat disimpulkan kurs tidak berpengaruh terhadap *netflow* uang kartal secara signifikan, sehingga tidak perlu

dilanjutkan untuk mencari model fungsi transfer antara *netflow* uang kartal dengan kurs.

Peramalan Fungsi Transfer Multi-Input Antara Netflow Uang Kartal dengan IHK dan Kurs

Pertama akan dilakukan proses *prewhitening* deret *input* IHK dan kurs dengan deret *output netflow* uang kartal. Berdasarkan ulasan sebelumnya diketahui data IHK dan kurs keduanya telah stasioner dalam varian tetapi tidak stasioner dalam mean. Maka perlu dilakukan *differencing*1 reguler pada IHK, kurs, dan *netflow*uang kartal. Sesuai ulasan sebelumnya pula didapat model *prewhitening* ARIMA (1,1,1) untuk *netflow* uang kartal dengan IHK dan model *prewhitening* ARIMA (0,1,[3]) untuk *netflow* uang kartal dengan kurs. Pada pemodelan fungsi transfer antara *netflow* dengan IHK berdasarkan Plot CCF didapatkan *b, r, s* (1,0,0) sedang pada pemodelan fungsi transfer antara *netflow* uang kartal dengan kurs berdasarkan Plot CCF tidak terdapat lag yang signifikan untuk digunakan sebagai *b, r, s* model. Berdasarkan hasil ini akan dibentuk model fungsi transfer *multi-input*dari *netflow* uang kartal dengan IHK dan kurs. Berdasar hasil pengujian signifikansi parameter yang signifikan hanya variabel IHK, sedangkan variabel kurs parameter-nya tidak signifikan. Maka variabel kurs ini harus dihilangkan dalam model. Ketika variabel kurs dihilangkan dari model otomatis model yang terbentuk sama dengan model pada ulasan sebelumnya yaitu model fungsi transfer univariat antara *netflow* uang kartal dan IHK.

D. Peramalan dengan ARIMAX Gabungan (ARIMA dengan Tambahan Efek Variasi Kalender dan IHK)

Diketahui variasi kalender secara signifikan memberikan efek pada *netflow* uang kartal, begitu pula variabel respon IHK. Maka akan dibentuk model ARIMAX gabungan yang didalamnya terda-pat dua efek tersebut. Variabel-variabel yang signifikan pada ARIMAX karena tambahan variasi kalen-der beserta IHK akan digunakan dalam memodelkan ARIMAX *netflow* uang kartal. Untuk variabel IHK *b, r, s*-nya akan ditentukan dari hasil CCFantara *netflow* dan IHK. Dari CCF tersebut dicari *b,r,s*yang signifikan dengan sistem *trial error*. Melalui trial error didapatkan *b,r,s* yang signifikan yaitu (2,[1,3],0). Persamaan (13) merupakan model ARIMAX gabungan dengan *b,r,s* dari IHK (2,[1,3],0) dan deret *noise* ARIMA(1,0,0) yang seluruh parameter-nya telah signifikan.

$$Z_t = -37564,6V_{1,t} + 47929,7V_{1,t-1} + 22007,9V_{2,t-1} + 18349,8V_{3,t-1} + 42223V_{4,t} - 28833,5V_{4,t+1} - 24967,8S_{1,t} - 12040,1S_{2,t} + 6275,6S_{6,t} - 9918,6S_{9,t} - 9309,5S_{10,t} + 25553,6S_{12,t} - 1494,7X_{1,t-2} + 2364,9X_{1,t-3} - 836,1X_{1,t-5} + \frac{a_t}{(1 + 0,64B)} \quad (15)$$

Selanjutnya dilakukan uji *white noise*. Berdasarkan uji Ljung-Box didapatkan uji asumsi *white noise*setelah terpenuhi, sedangkan berdasarkan uji KS diketahui residual belum berdistribusi normal. Tidak normalnya residual ini disebabkan adanya *outlier* dalam data yang digunakan. *Outlier* ini ditemukan pada data ke-79,22,96, dan ke-81 dengan jenis level *additive outlier*. Keberadaan *outlier*ini diatasi dengan memasukkan data *outlier* tersebut ke dalam model peramalan. Setelah memasukkan data *outlier* dalam model peramalan didapatkan persamaan (14) yang seluruh parame-ter-nya telah signifikan.Selanjutnya dilakukan

pemeriksaan diagnostik dengan memeriksa apakah residual memenuhi asumsi *white noise*. Berdasarkan uji Ljung-Box diketahui residual telah *white noisedan* berdasarkan uji KS diketahui residual telah berdistribusi normal.

$$Z_t = -37464,4V_{1,t} + 45752V_{1,t-1} + 21145,5V_{2,t-1} + 20664,5V_{3,t-1} + 43736,4V_{4,t} - 21202,8V_{4,t+1} - 23507,1S_{1,t} - 12018,4S_{2,t} + 6369,1S_{6,t} - 7215S_{9,t} - 8237,4S_{10,t} + 23765,4S_{12,t} + 18113I_t^{(79)} - 17059,7I_t^{(22)} + 15032,5I_t^{(96)} - 18472,9I_t^{(81)} - 1341,4X_{1,t-2} + 2464,4X_{1,t-3} - 1097,3X_{1,t-5} + \frac{a_t}{(1+0,7B)} \quad (16)$$

E. Peramalan Radial Basis Function Network (RBFN)

Akan dibentuk tiga arsitektur RBFN untuk meramalkan *netflow* uang kartal. RBFN dengan variabel input variabel pada peramalan ARIMAX (ARIMA dengan tambahan efek variasi kalender), RBFN dengan variabel pada peramalan fungsi transfer, dan RBFN dengan variabel pada peramalan ARIMAX gabungan. Dalam mencari model terbaik akan dipilih dari *hidden layer* dengan nilai MAPE terkecil. Hasil *learning* RBFN ada pada tabel 4.

Tabel 2.

Hasil <i>Learning</i> RBFN		
Metode	MAPE	
RBFN ARIMAX	27-1-1	1,382838
	27-2-1	1,001365
	27-3-1	1,310946
	27-4-1	1,348178
	27-5-1	1,213556
RBFN Fs. Transfer (variabel prediktor IHK)	19-1-1	0,878536
	19-2-1	0,980279
	19-3-1	0,998905
	19-4-1	1,056502
	19-5-1	1,021315
RBFN ARIMAX Gabungan	32-1-1	1,345269
	32-2-1	1,341687
	32-3-1	1,185833
	32-4-1	1,352855
	32-5-1	1,159361

F. Perbandingan Hasil Peramalan ARIMAX dan RBFN

Setelah didapatkan model ARIMAX dan RBFN yang sesuai untuk meramalkan *netflow* uang kartal selanjutnya dilakukan pemilihan model terbaik. Ukuran kriteria yang digunakan adalah MAPE.

Tabel 3. Hasil MAPE Model Peramalan *Netflow* Uang Kartal

Metode	MAPE
ARIMAX (Variasi Kalender)	0,8422
Fs. Transfer (IHK)	1,3818
ARIMAX Gabungan Dengan <i>Outlier</i>	0,7577
RBFN ARIMAX (27-2-1)	1,0014
RBFN Fs. Transfer (19-1-1)	0,8785
RBFN ARIMAX Gabungan (32-5-1)	1,1594

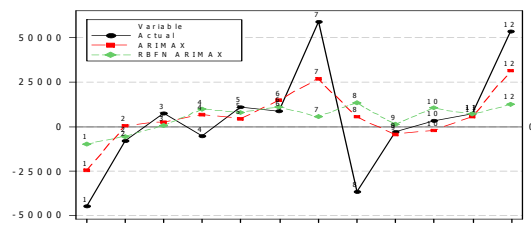
Tabel 3 menunjukkan bahwa model dengan peramalan terbaik adalah ARIMAX gabungan dengan *outlier*. Dan dapat kita lihat pada kasus ini model peramalan linier dengan ARIMAX memberikan nilai peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan model peramalan nonlinier dengan RBFN. Berdasarkan model ARIMAX gabungan, dengan hari raya idul fitri yang jatuh pada minggu ke-2 bulan Agustus di tahun 2013 didapatkan hasil peramalan dengan *net outflow* yang tinggi satu bulan sebelum terjadinya idul fitri yaitu Juli (bulan 7) dengan nilai

netflow 24723,86 milyar rupiah, dan pada bulan selanjutnya yaitu bulan terjadinya idul fitri (bulan 8) *netflow* menurun drastis dengan nilai 4097,21 milyar rupiah. Dapat dilihat pada bulan Januari 2013 didapat *net inflow* yang sangat tinggi yaitu bernilai -22510,62 milyar rupiah, dan *net outflow* yang tertinggi selain pada bulan Juli adalah pada bulan Desember dengan nilai 27721,98 milyar rupiah. Ramalan ini telah sesuai dengan kesimpulan yang didapat dari hasil karakteristik *netflow* uang kartal yakni ketika idul fitri jatuh pada minggu ke-2 umumnya *netflow* tertinggi terjadi satu bulan sebelum terjadinya idul fitri pada tahun tersebut dan pada bulan terjadinya idul fitri *netflow* uang kartal akan turun drastis jika dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Nilai *netflow* uang kartal satu bulan setelah idul fitri juga akan semakin kecil.

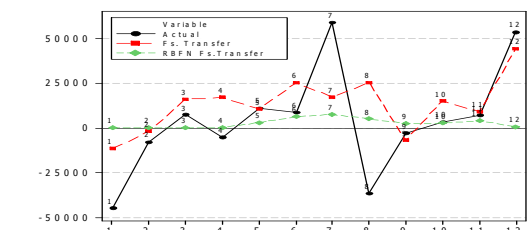
Tabel 4. Hasil Peramalan Model ARIMAX Gabungan

Bulan	Ramalan	Bulan	Ramalan	Bulan	Ramalan
1	-22510,62	5	3249,88	9	-3471,28
2	-7371,69	6	10677,57	10	-4238,11
3	2550,86	7	24723,86	11	3829,48
4	5088,90	8	4097,21	12	27721,98

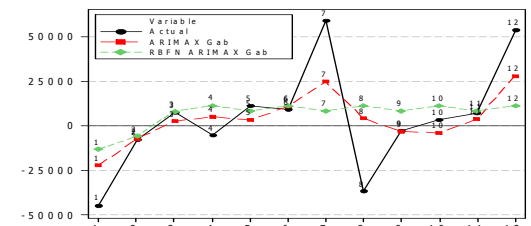
Berikut adalah plot nilai *actual* dibandingkan nilai peramalan dari ke-6 model yang terbentuk.



Gambar 6. ARIMAX vs RBFN ARIMAX (27-2-1)



Gambar 7. Fs. Transfer (IHK) vs RBFN Fs. Transfer (19-1-1)



Gambar 8. ARIMAX Gabungan dengan *Outlier* vs RBFN ARIMAX Gabungan (32-5-1)

Dan Model ARIMAX Gabungan dapat dipecah penggunaannya berdasarkan bulan yang ingin diramalkan nilai *netflow*-nya menjadi:

$$\hat{Z}_{Jan} = -6871,3 - 1341,4 X_{1,t-2} + 2464,4 X_{1,t-3} - 1097,3 X_{1,t-5} - 939 X_{1,t-3} + 1725,1 X_{1,t-4} - 768,1 X_{1,t-6} - 0,7 Z_{t-1}$$

$$\hat{Z}_{Feb} = -28473,4 - 1341,4 X_{1,t-2} + 2464,4 X_{1,t-3} - 1097,3 X_{1,t-5} - 939 X_{1,t-3} + 1725,1 X_{1,t-4} - 768,1 X_{1,t-6} - 0,7 Z_{t-1}$$

$$\hat{Z}_{Mar} = -8412,9 - 1341,4 X_{1,t-2} + 2464,4 X_{1,t-3} - 1097,3 X_{1,t-5} - 939 X_{1,t-3} + 1725,1 X_{1,t-4} - 768,1 X_{1,t-6} - 0,7 Z_{t-1}$$

$$\hat{Z}_{Jun} = 6369,1 - 1341,4 X_{1,t-2} + 2464,4 X_{1,t-3} - 1097,3 X_{1,t-5} - 939 X_{1,t-3} + 1725,1 X_{1,t-4} - 768,1 X_{1,t-6} - 0,7 Z_{t-1}$$

$$\hat{Z}_{Jul} = 4458,4 - 1341,4 X_{1,t-2} + 2464,4 X_{1,t-3} - 1097,3 X_{1,t-5} - 939 X_{1,t-3} + 1725,1 X_{1,t-4} - 768,1 X_{1,t-6} - 0,7 Z_{t-1}$$

$$\hat{Z}_{sept} = -7215 - 1341,4 X_{1,t-2} + 2464,4 X_{1,t-3} - 1097,3 X_{1,t-5} - 939 X_{1,t-3} + 1725,1 X_{1,t-4} - 768,1 X_{1,t-6} - 0,7 Z_{t-1}$$

$$\hat{Z}_{okt} = -13287,9 - 1341,4 X_{1,t-2} + 2464,4 X_{1,t-3} - 1097,3 X_{1,t-5} - 939 X_{1,t-3} + 1725,1 X_{1,t-4} - 768,1 X_{1,t-6} - 0,7 Z_{t-1}$$

$$\hat{Z}_{Nov} = -5766,2 - 1341,4 X_{1,t-2} + 2464,4 X_{1,t-3} - 1097,3 X_{1,t-5} - 939 X_{1,t-3} + 1725,1 X_{1,t-4} - 768,1 X_{1,t-6} - 0,7 Z_{t-1}$$

$$\hat{Z}_{des} = 23765,4 - 1341,4 X_{1,t-2} + 2464,4 X_{1,t-3} - 1097,3 X_{1,t-5} - 939 X_{1,t-3} + 1725,1 X_{1,t-4} - 768,1 X_{1,t-6} - 0,7 Z_{t-1}$$

Sedang untuk meramalkan April, Mei, dan Agustus:

$$\hat{Z}_t = -1341,4 X_{1,t-2} + 2464,4 X_{1,t-3} - 1097,3 X_{1,t-5} - 939 X_{1,t-3} + 1725,1 X_{1,t-4} - 768,1 X_{1,t-6} - 0,7 Z_{t-1}$$

Model-model di atas digunakan ketika pada bulan-bulan yang akan diramalkan nilainya bukan merupakan dua bulan setelah idul fitri (t+2), satu bulan sebelum terjadinya idul fitri (t-1), bulan terjadinya idul fitri (t), atau satu bulan setelah idul fitri (t+1) pada tahun tempat bulan diramalkan. Untuk 4 kasus ini, setiap persamaan memiliki penambahan/pengurangan *netflow*, yaitu untuk bulan yang merupakan satu bulan sebelum idul fitri persamaan dalam bulan tersebut,

- Mengalami penambahan *netflow* 45752 milyar rupiah jika idul fitri terjadi pada minggu ke-1.
- Mengalami penambahan *netflow* 21.145,5 milyar rupiah jika idul fitri terjadi pada minggu ke-2.
- Mengalami penambahan *netflow* 20.664,5 milyar rupiah jika idul fitri terjadi pada minggu ke-3.

Untuk bulan dimana terjadi idul fitri persamaan tersebut,

- Mengalami pengurangan *netflow*-5438 milyar rupiah jika idul fitri terjadi pada minggu ke-1.
- Mengalami penambahan *netflow* 14801,8 milyar rupiah jika idul fitri terjadi pada minggu ke-2.
- Mengalami penambahan *netflow* 14465,2 milyar rupiah jika idul fitri terjadi pada minggu ke-3.
- Mengalami penambahan *netflow* 43736,4 milyar rupiah jika idul fitri terjadi pada minggu ke-4.

Dan untuk bulan yang merupakan satu bulan setelah idul fitri persamaan dalam bulan tersebut,

- Mengalami pengurangan *netflow*-26225,1 milyar rupiah jika idul fitri terjadi pada minggu ke-1.
- Tidak mengalami penambahan maupun pengurangan nilai *netflow* jika idul fitri terjadi pada minggu ke-2 dan ke-3.
- Mengalami penambahan *netflow* 9412,7 milyar rupiah jika idul fitri terjadi pada minggu ke-4.

Jika akan meramalkan bulan yang merupakan dua bulan setelah idul fitri jika hari raya terjadi pada minggu ke-4, maka persamaan mengalami pengurangan *netflow* sebesar -14.842 milyar rupiah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisis yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan:

1. Variasi kalender dan variabel IHK secara signifikan mempengaruhi *netflow*. Data *netflow* uang kartal memiliki pola musiman.

2. Model ARIMAX gabungan yang sesuai untuk meramalkan *netflow* adalah model dengan variabel signifikan $V_{1,t}, V_{1,t-1}, V_{2,t-1}, V_{3,t-1}, V_{4,t}, V_{4,t+1}, S_{1,t}, S_{2,t}, S_{6,t}, S_{9,t}, S_{10,t}, S_{12,t}$ dan IHK.
3. Model terbaik yang didapat dalam learning RBFN adalah model RBFN dengan input fungsi transfer (variabel IHK) dengan 1 unit *neuron* dalam *hidden layer* (dengan kisaran jumlah *neuron* pada *hidden layer* antara 1 hingga 5).
4. Berdasarkan hasil peramalan didapatkan model ARIMAX gabungan dengan *outlier* sebagai model terbaik.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebaiknya jumlah *neuron* dalam *hidden layer* yang dicoba pada learning RBFN dapat diperbanyak karena mungkin saja bisa didapatkan hasil peramalan yang lebih baik lagi.

LAMPIRAN

Tabel 5.

Penggunaan Variabel *Dummy* pada Setiap Tahun

Tahun	Tanggal Idul Fitri	Minggu Terjadinya Idul Fitri	Variabel <i>Dummy</i>
2005	03 – 04 Nopember	Minggu ke-1 Nopember	$V_{1,t} = 1$ untuk Nopember
			$V_{1,(t-1)} = 1$ untuk Oktober
			$V_{1,(t+1)} = 1$ untuk Desember
2006	23 – 24 Oktober	Minggu ke-4 Oktober	$V_{4,t} = 1$ untuk Oktober
			$V_{4,(t-1)} = 1$ untuk September
			$V_{4,(t+1)} = 1$ untuk Nopember
2007	12 – 13 Oktober	Minggu ke-2 Oktober	$V_{2,t} = 1$ untuk Oktober
			$V_{2,(t-1)} = 1$ untuk September
			$V_{2,(t+1)} = 1$ untuk Nopember
2008	01 – 02 Oktober	Minggu ke-1 Oktober	$V_{1,t} = 1$ untuk Oktober
			$V_{1,(t-1)} = 1$ untuk September
			$V_{1,(t+1)} = 1$ untuk Nopember
2009	21 – 22 September	Minggu ke-4 September	$V_{4,t} = 1$ untuk September
			$V_{4,(t-1)} = 1$ untuk Agustus
			$V_{4,(t+1)} = 1$ untuk Oktober
2010	10 – 11 September	Minggu ke-2 September	$V_{2,t} = 1$ untuk September
			$V_{2,(t-1)} = 1$ untuk Agustus
			$V_{2,(t+1)} = 1$ untuk Oktober
2011	30 – 31 Agustus	Minggu ke-4 Agustus	$V_{4,t} = 1$ untuk Agustus
			$V_{4,(t-1)} = 1$ untuk Juli
			$V_{4,(t+1)} = 1$ untuk September
2012	19 – 20 Agustus	Minggu ke-3 Agustus	$V_{3,t} = 1$ untuk Agustus
			$V_{3,(t-1)} = 1$ untuk Juli
			$V_{3,(t+1)} = 1$ untuk September
2013	08 – 09 Agustus	Minggu ke-2 Agustus	$V_{2,t} = 1$ untuk Agustus
			$V_{2,(t-1)} = 1$ untuk Juli
			$V_{2,(t+1)} = 1$ untuk September

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bank Indonesia. (2014). *Fungsi Bank Indonesia*. Tersedia <http://www.bi.go.id/id/tentang-bi/fungsi-bi/tujuan/Contents/Default.aspx>
- [2] Suhartono, Lee, M. H, Hamzah, N.A. (2010). Calendar Variation Model Based on Time Series Regression for Sales Forecast: The Ramadhan Effects. *Proceedings of the Regional Conference on Statistical Sciences*, 30-41.
- [3] Moshiri, S & Cameron, N. (2000). Neural Network Versus Econometric Models in Forecasting Inflation. *Journal of Forecasting*, 19, 201-217.
- [4] Wei, W.W.S. (2006). *Time Series Analysis, Univariate, and Multivariate Methods*. Canada: Addison Wesley Publishing Company.
- [5] Swamy, M.N.S. (2006). *Neural Networks in a Softcomputing Framework*. Germany: Springer Science and Business Media.