

## Peramalan Harga Minyak Mentah Menggunakan Model *Autoregressive Integrated Moving Average Neural Network* (ARIMA-NN)

### *Forecasting Crude Oil Prices Using Autoregressive Integrated Moving Average Neural Network (ARIMA-NN) Model*

Laila Nur Qamara<sup>1</sup>, Sri Wahyuningsih<sup>2</sup>, dan Fidia Deny Tisna Amijaya<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Laboratorium Statistika Terapan FMIPA Universitas Mulawarman

<sup>3</sup>Laboratorium Matematika Komputasi FMIPA Universitas Mulawarman

E-mail: [lailanurqi@gmail.com](mailto:lailanurqi@gmail.com)

#### **Abstract**

Crude oil prices can affect the production and consumption of a country. Crude oil prices are set every month and semester by Indonesian Crude Oil Price (ICP). Bontang Return Condensate (BRC) is one of crude oil type in Indonesia. Forecasting is an expectation of a request or thing that will come based on several forecasting variables. In this study, data was used in July 2010-December 2017. The purpose of this study was to determine the best model of Indonesian crude oil price data for the BRC type and the forecasting results. The model used in this study is the ARIMA-NN model which is a combination of ARIMA model and Neural Network (NN) model. The best ARIMA-NN model has ARIMA (2,1,0) and NN components with 2 inputs and 2 neurons in the hidden layer. The NN model is a Feed Forward Neural Network (FFNN) model with backpropagation algorithm. The results of the forecasting of the BRC Indonesia crude oil price for January-December 2018 are around the value of 60 USD / Barrel.

*Keywords:* ARIMA, crude oil, Neural Network.

#### **Pendahuluan**

Peramalan merupakan dugaan terhadap permintaan atau hal yang akan datang berdasarkan pada beberapa variabel peramal, sering berdasarkan pola data deret waktu historis. (Rosadi, 2011). Model ARIMA digunakan untuk data deret waktu satu variabel. Model ARIMA terdiri dari dua aspek, yaitu aspek *autoregressive* (AR) dan *moving average* atau rata-rata bergerak (MA) dan termasuk dalam kelompok pemodelan linier (Wei, 2006). Model ARIMA merupakan salah satu dari model deret waktu yang umum digunakan karena terdapat metode statistik yang dikenal dengan metode Box-Jenkins yang digunakan dalam proses penentuan model.

Meskipun model ARIMA cukup fleksibel karena model ini dapat mewakili beberapa model deret waktu seperti AR, MA maupun kombinasi AR dan MA (ARMA), tetapi model ARIMA merupakan model untuk pola data linier. Data runtun waktu yang ada tidak seluruhnya mengandung pola data linier atau non linier, sehingga akan digunakan kombinasi model ARIMA dan *Neural Network*. Model *Neural Network* digunakan untuk memodelkan pola data non linier (Zhang, 2003).

Jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Network/ANN*) telah dipelajari agar dapat digunakan dalam peramalan data deret waktu. Salah satu bentuk model jaringan saraf tiruan yang banyak digunakan untuk peramalan adalah *Feed-Forward Neural Networks* (FFNN). Salah satu algoritma pada jaringan saraf tiruan adalah algoritma *backpropagation* (Zhang, 2003).

Harga minyak mentah berpengaruh terhadap keadaan ekonomi suatu bangsa dikarenakan apabila harga minyak mentah mengalami kenaikan maka beriringan juga terhadap kenaikan harga suatu barang yang bisa mempengaruhi suatu produksi dan konsumsi bagi suatu negara. Penetapan besarnya harga minyak mentah di Indonesia merupakan hal yang sangat penting karena berpengaruh terhadap pembagian produksi antara kontraktor dan pemerintah (Sopana, 2016).

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data harga minyak mentah Indonesia jenis Bontang *Return Condensate* (BRC) pada bulan Juli 2010 – Desember 2017. Pemodelan ARIMA-NN digunakan untuk menangkap pola linier dan non linier pada data harga minyak mentah Indonesia jenis BRC sehingga diharapkan dapat meramalkan data tersebut.

#### **Peramalan**

Peramalan merupakan bagian integral dari kegiatan pengambilan keputusan, sebab efektif atau tidaknya suatu keputusan umumnya bergantung pada beberapa faktor yang tidak dapat dilihat pada waktu keputusan itu diambil. Peranan peramalan menjelajah ke dalam banyak bidang seperti ekonomi, keuangan, pemasaran, produksi, riset operasional, administrasi negara, meteorologi, geofisika, kependudukan dan pendidikan. Peramalan merupakan suatu teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data saat ini.

(AswidanSukarna, 2006).

**Model ARIMA**

Menurut Aswidan Sukarna (2006), model ARIMA digunakan untuk data deret waktu satu variabel (*univariate*). Model ARIMA terdiri dari dua aspek, yaitu aspek *autoregressive* dan *moving average*. Secara umum, model ARIMA dituliskan dengan notasi ARIMA ( $p, d, q$ ), di mana  $p$  menyatakan orde dari proses *autoregressive* (AR),  $d$  menyatakan pembedaan (*differencing*) dan  $q$  menyatakan orde dari proses *moving average* (MA). Dasar dari pendekatan ARIMA terdiri dari empat tahap yaitu identifikasi, penaksiran (*estimation*) parameter, pemeriksaan diagnostik (*diagnostic checking*) dan peramalan (*forecasting*).

Menurut Wei (2006), data deret waktu yang tidak stasioner dapat direduksi menjadi stasioner dengan melakukan *differencing* yang dinyatakan dengan orde  $d$ . Model ARMA ( $p, q$ ) dapat digunakan untuk data deret waktu yang stasioner, sehingga untuk data deret waktu yang tidak stasioner dapat menggunakan model *autoregressive integrated moving average* atau ARIMA ( $p, d, q$ ). Menurut Aswi dan Sukarna (2006), suatu proses  $Z_t$  dikatakan mengikuti model ARIMA ( $p, d, q$ ) yang nonstasioner jika ada orde  $d$  ( $d \geq 1$ ). Model umum untuk ARIMA ( $p, d, q$ ) adalah

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B)a_t \tag{1}$$

dengan

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

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

**Uji Linieritas**

Uji Terasvirta adalah salah satu dari uji pendeteksian non linieritas yang dikembangkan berdasarkan model *Neural Network* dan termasuk dalam kelompok uji tipe *Lagrange Multiplier* dengan ekspansi Taylor. Hipotesis uji linearitas adalah

$H_0$  :  $f(Z)$  adalah fungsi linear dalam  $Z$  (pola data mengikuti model linier)

$H_1$  :  $f(Z)$  adalah fungsi non linear dalam  $Z$  (pola data mengikuti model non linier)

Statistik ujinya adalah

$$F_{hit} = \frac{(SSR_0 - SSR_1) / M}{SSR_1 / (N - 1 - M)} \tag{2}$$

dengan  $M$  adalah jumlah variabel bebas tambahan dan  $N$  adalah banyaknya pengamatan yang digunakan.  $F_{hit}$  mendekati distribusi  $F$  dengan derajat bebas  $M$  dan  $(N - 1 - M)$ .

(Terasvirtadkk, 1993)

**Neural Network**

*Neural Network* atau jaringan saraf tiruan terdiri atas elemen-elemen untuk pemrosesan

informasi yang disebut dengan *neuron*, unit, sel atau *node* (Fausett, 1994). Setiap neuron dihubungkan dengan neuron lainnya dengan suatu *connection link* yang direpresentasikan dengan *weight* atau bobot. Metode untuk menentukan nilai *weight* disebut dengan *training, learning* atau algoritma. Setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi pada net *input* untuk menentukan prediksi *output*. Secara umum ada tiga lapis yang membentuk jaringan saraf tiruan yaitu lapisan *input*, lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan *output*.

Menurut Haykin (2009), arsitektur jaringan saraf tiruan terdiri dari *Feed-Forward Neural Networks* (FFNN) dan *Recurrent Networks*. FFNN terdiri dari *single layer* FFNN dan *multi layer* FFNN. Algoritma *backpropagation* merupakan algoritma yang populer. Melalui algoritma *backpropagation*, FFNN menunjukkan keberhasilan dalam pengaplikasian terhadap penyelesaian masalah yang kompleks dengan memberikan pelatihan.

Menurut Fausett (1994), setiap *neuron* memiliki keadaan internal yaitu aktivasi, di mana aktivasi merupakan fungsi dari *input* yang telah diterima. *Neuron* mengirimkan fungsi aktivasi sebagai sinyal untuk *neuron* lainnya. Salah satu fungsi aktivasi yang paling sering digunakan adalah fungsi sigmoid biner, di mana *range*-nya adalah (0,1) dan didefinisikan sebagai

$$f_1(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \tag{3}$$

Fungsi aktivasi lain yang digunakan adalah fungsi aktivasi linier/purelin. Fungsi aktivasi ini umumnya digunakan untuk menghasilkan nilai *output* dan didefinisikan sebagai

$$f_2(x) = x \tag{4}$$

**Algoritma Backpropagation**

Algoritma *backpropagation* disebut sebagai propagasi balik karena ketika jaringan diberikan pola *input* sebagai pola pelatihan maka pola tersebut menuju ke unit-unit pada *hidden layer* untuk diteruskan ke unit-unit *output*. Selanjutnya unit-unit *output* memberikan tanggapan yang disebut sebagai jaringan *output*. Saat jaringan *output* tidak sama dengan *output* yang diharapkan maka *output* akan menyebar mundur (*backward*) pada *hidden layer* diteruskan ke unit pada lapisan *input*, sehingga mekanisme pelatihan tersebut dinamakan *back propagation*. Algoritma *back propagation* terdiri dari proses *feed forward* dan *back propagation* dari *error*-nya. Pada *back propagation* dilakukan inialisasi bobot ( $\beta$ ) dan menentukan bobot awal dengan nilai random yang cukup kecil dan menentukan nilai iterasi maksimal. Penjumlahan bobot sinyal *input* pada

setiap unit di *hidden layer* ( $y_{in_b}$ ) dihitung dengan

$$y_{in_b} = w_{0B} + \sum_{A=1}^g x_A w_{AB} \quad (5)$$

dengan  $x_A$  adalah unit *input* ke-  $A$  dan  $w_{AB}$  adalah bobot koneksi antara unit ke-  $A$  lapisan *input* dengan unit ke-  $B$  lapisan *hidden layer*, lalu penjumlahan bobot sinyal *hidden layer* pada setiap unit *output* ( $\hat{a}_{in_c}$ ) dihitung dengan

$$\hat{a}_{in_c} = v_{0C} + \sum_{B=1}^h y_B v_{BC} \quad (6)$$

dengan  $y_B$  adalah unit *hidden layer* ke-  $B$  dan  $v_{BC}$  adalah bobot koneksi antara unit ke-  $B$  lapisan *hidden layer* dengan unit ke-  $C$  lapisan *output*.

(Fausett, 1994).

**Model ARIMA-NN**

Menurut Zheng dan Zhong dalam Fitriani dkk (2015), model ARIMA-NN merupakan model *hybrid* yaitu kombinasi dua atau lebih sistem dalam satu fungsi, dalam hal ini adalah kombinasi antara ARIMA dan *Neural Network* (NN). Banyak peneliti menggunakan metode *hybrid* karena diharapkan dapat saling melengkapi dan dalam dunia nyata terkadang ditemukan kejadian deret waktu yang linier serta non linier.

Menurut Zhang (2003), secara umum kombinasi dari model deret waktu yang linier dan non linier ( $\hat{N}_t$ ) dapat dituliskan sebagai berikut

$$\hat{N}_t = \hat{L}_t + \hat{a}_t \quad (7)$$

dengan  $\hat{L}_t$  menunjukkan model linier (model ARIMA) dan  $\hat{a}_t$  menunjukkan model non linier (model NN).

**Kriteria Model Terbaik**

Menurut Makridakis dkk (1999), dalam pemodelan data deret waktu, sebagian data yang diketahui dapat digunakan untuk meramalkan sisa data berikutnya sehingga memungkinkan orang untuk mempelajari ketepatan peramalan. Model yang memiliki nilai kesalahan (*error*) hasil peramalan terkecil yang akan dianggap sebagai model yang cocok. Penentuan model yang terbaik dari beberapa model yang memenuhi syarat dapat menggunakan beberapa kriteria, misalnya *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Persamaan untuk menghitung MAPE adalah

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{Z_t} \cdot 100\% \quad (8)$$

di mana  $Z_t$  adalah nilai data pada periode ke- $t$ ,  $\hat{Z}_t$  adalah nilai ramalan dan  $n$  adalah banyaknya

pengamatan. Semakin kecil nilai MAPE maka nilai taksiran mendekati nilai sebenarnya.

**Harga Minyak Mentah**

Menurut Sopana (2016), harga minyak mentah berpengaruh terhadap keadaan ekonomi suatu bangsa dikarenakan apabila harga minyak mentah mengalami kenaikan maka beriringan juga terhadap kenaikan harga suatu barang yang bisa mempengaruhi suatu produksi dan konsumsi bagi suatu negara. Penetapan besarnya harga minyak mentah di Indonesia merupakan hal yang sangat penting karena berpengaruh terhadap pembagian produksi antara kontraktor dan pemerintah. Harga minyak mentah Indonesia didasarkan pada *Indonesian Crude Oil Price* (ICP), yaitu harga rata-rata minyak mentah Indonesia di pasar internasional dan ditetapkan setiap bulan dan semesteran, dan digunakan sebagai indikator perhitungan bagi hasil minyak mentah.

Bontang *Return Condensate* (BRC) merupakan minyak mentah yang diproduksi di laut lepas antara Kalimantan Timur dan Makassar bersamaan dengan produksi LNG. Hasil dari minyak mentah yang diproduksi dialirkan ke Terminal Santan yang terletak di dekat Balikpapan. Penetapan harga minyak mentah jenis BRC berdasarkan ICP. Produksi minyak mentah jenis BRC adalah sekitar 30.000 barel per hari.

(Chevron *Crude Oil Marketing*, 2018).

**Tahapan Analisis Data**

Tahapan analisis data menggunakan model ARIMA-NN adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis statistika deskriptif dari data harga minyak mentah Indonesia jenis BRC.
2. Melakukan pemodelan ARIMA.
3. Melakukan uji linieritas menggunakan data harga minyak mentah Indonesia jenis BRC.
4. Melakukan pemodelan dan peramalan dengan ARIMA-NN menggunakan residual dari model ARIMA terbaik.

**Hasil Penelitian dan Pembahasan**

**1. Statistika Deskriptif**

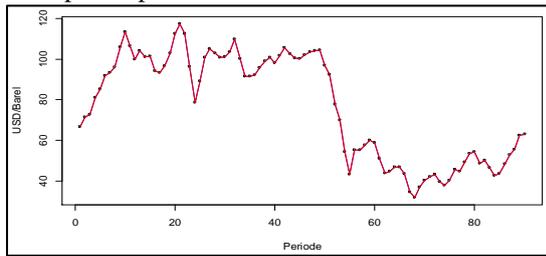
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga minyak mentah Indonesia jenis Bontang *Return Condensate* (BRC) dari bulan Juli 2010 sampai Desember 2017. Ringkasan deskriptif data yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Statistika Deskriptif Harga Minyak Mentah Indonesia Jenis BRC

Jumlah Data	Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Min	Nilai Max
90	76,75	26,1733	31,88	117,33

Data harga minyak mentah Indonesia jenis BRC merupakan data runtun waktu sehingga

dapat dibuat *time series plot*. *Time series plot* ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Time series plot* harga minyak mentah Indonesia jenis BRC

Berdasarkan *time series plot* pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada periode 1 hingga 10 (Juli 2010 – April 2011) terjadi kenaikan harga secara berturut-turut. Harga minyak mentah Indonesia jenis BRC cenderung stabil pada periode 11 hingga 49 (Mei 2011 – Juli 2014) tetapi pada periode 18 hingga 21 (Desember 2011 – Maret 2012) harga minyak mengalami kenaikan dan menyentuh titik tertinggi pada periode 21. Mulai periode 50 hingga 58 (Agustus 2014 – April 2015) harga minyak mengalami penurunan secara berturut-turut. Harga minyak pada periode 59 hingga 90 mengalami kenaikan dan penurunan harga dimana harga minyak mentah Indonesia jenis BRC terendah berada pada periode 68 (Februari 2016).

**2. Model ARIMA**

Data yang digunakan pada pemodelan ARIMA adalah data pada bulan Juli 2010-Desember 2017. Model terbaik digunakan untuk meramalkan data pada tahun 2018.

**a. Identifikasi Model**

Tahapan awal dalam melakukan identifikasi model adalah memeriksa data harga minyak mentah Indonesia jenis BRC, apakah telah stasioner dalam variansi maupun rata-rata. Berdasarkan *time series plot* pada Gambar 1, diduga data belum stasioner dalam rata-rata dan variansi. Pemeriksaan yang dilakukan hanya dengan melihat *time series plot* memberikan hasil yang subjektif, maka akan dilakukan transformasi pangkat dan melihat nilai  $\lambda$  serta melihat *plot* ACF.

Data dikatakan stasioner dalam variansi apabila nilai  $\lambda$  pada transformasi pangkat mendekati atau bernilai 1. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai  $\lambda = 0,9933$  sehingga dapat disimpulkan bahwa data harga minyak mentah Indonesia jenis BRC sudah stasioner dalam variansi. Setelah data telah stasioner dalam variansi, maka dapat dilakukan pemeriksaan kestasioneran dalam rata-rata melalui *plot* ACF. Pada *plot* ACF nilai otokorelasi cenderung turun secara lambat sehingga diindikasikan data belum stasioner dalam rata-rata sehingga dilakukan *differencing* orde 1.

*Plot* ACF dan PACF data yang telah stasioner dapat digunakan untuk pembentukan model. Pada *plot* ACF nilai otokorelasi signifikan pada lag 1 sehingga diperoleh orde untuk MA(q) adalah 0 dan 1. Pada *plot* PACF nilai parsial otokorelasi signifikan pada lag 1 dan 2 sehingga diperoleh orde untuk AR (p) adalah 0, 1 dan 2. Model dugaan ARIMA sementara yang diperoleh adalah ARIMA(0,1,1), ARIMA(1,1,0), ARIMA(1,1,1), ARIMA(2,1,0) dan ARIMA(2,1,1).

**b. Pemeriksaan Diagnostik**

Setelah melakukan identifikasi model, maka akan dilakukan penaksiran parameter dan pemeriksaan diagnostik. Pemeriksaan diagnostic meliputi pengujian signifikansi parameter, pengujian independensi residual dan pengujian residual berdistribusi normal. Hasil pemeriksaan diagnostic untuk seluruh model dugaan ARIMA ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pemeriksaan Diagnostik

Model ARIMA	Signifikansi Parameter	Independensi Residual	Residual Normal
(0,1,1)	√	√	√
(1,1,0)	√	√	√
(1,1,1)	×	√	√
(2,1,0)	√	√	√
(2,1,1)	×	√	√

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa model yang memenuhi seluruh asumsi pada pemeriksaan diagnostic adalah model ARIMA(0,1,1), ARIMA(1,1,0) dan ARIMA(2,1,0). Karena terdapat lebih dari satu model yang memenuhi seluruh asumsi maka model terbaik dipilih berdasarkan kriteria MAPE terkecil. Model ARIMA(2,1,0) memiliki nilai MAPE terkecil sebesar 5,7023%. Model peramalan ARIMA yang paling baik untuk peramalan harga minyak mentah Indonesia jenis BRC pada bulan Januari-Desember 2018 adalah model ARIMA(2,1,0).

**c. Hasil Peramalan Model ARIMA**

Model ARIMA yang digunakan untuk peramalan adalah model ARIMA(2,1,0). Berdasarkan Persamaan 1, persamaan model ARIMA(2,1,0) adalah

$$Z_t = 1,4748Z_{t-1} - 0,7198Z_{t-2} + 0,2450Z_{t-3} + a_t$$

Hasil peramalan harga minyak mentah menggunakan jenis BRC bulan Januari-Desember 2018 menggunakan model ARIMA(2,1,0) ditampilkan pada Tabel 3.

**3. Uji Linieritas**

Hubungan linieritas dari data dapat diketahui dengan melakukan uji linieritas menggunakan uji Terasvirta. Berdasarkan hasil uji Terasvirta didapatkan nilai  $F_{hitung} = 3,2342 > F_{0,05;(2,87)} = 3,1013$  sehingga

dapat disimpulkan bahwa data mengikuti pola non linier.

**Tabel 3.** Hasil Peramalan Model ARIMA(2,1,0)

Bulan	Hasil Peramalan (USD/Barel)
Januari 2018	61,6143
Februari 2018	60,8072
Maret 2018	60,7659
April 2018	60,944
Mei 2018	61,0387
Juni 2018	61,04
Juli 2018	61,0174
Agustus 2018	61,0064
September 2018	61,0067
Oktober 2018	61,0095
November 2018	61,0108
Desember 2018	61,0107

**4. Model ARIMA-NN**

Model NN yang digunakan dalam ARIMA-NN adalah model FFNN algoritma *backpropagation*. Data yang digunakan untuk peramalan menggunakan model ARIMA-NN adalah residual dari model ARIMA(2,1,0)

**a. Penentuan Input dan Output Jaringan**

Penentuan *input* jaringan berdasarkan pada *lag-lag* yang signifikan pada model ARIMA(2,1,0). *Lag-lag* yang signifikan pada model ARIMA(2,1,0) adalah *lag* 1 dan *lag* 2 yang berasal dari *plot* ACF, sehingga *input* jaringan sebanyak 2 *input* adalah data  $a_{t-1}$  dan  $a_{t-2}$  (dalam perhitungan *backpropagation* akan disimbolkan sebagai  $x_1$  dan  $x_2$ ). *Output* jaringan sebanyak 1 *output* adalah  $a_t$  (dalam perhitungan *backpropagation* akan disimbolkan sebagai  $\hat{a}_t$ ), dengan banyaknya data sebesar 88 data.

**b. Normalisasi Residual Data**

Normalisasi residual data dilakukan agar data yang akan digunakan yaitu residual data berada diantara interval yang diinginkan. *Output* dari pelatihan pasti berada dalam interval [0,1] karena terkait dengan fungsi aktivasi sigmoid biner yang menghasilkan nilai perhitungan diantara 0 dan 1, sehingga data juga akan dinormalisasi dengan hasil berada di interval [0,1]. Normalisasi residual data yang digunakan adalah normalisasi *minmax*.

**c. Proses Pelatihan Backpropagation**

Pelatihan *backpropagation* dilakukan dengan menentukan banyaknya *neuron* pada *hidden layer* dengan cara mencoba *hidden layer* dari 1 *neuron* hingga 6 *neuron*. Proses pelatihan menggunakan seluruh residual data. Kriteria pemberhentian yang digunakan adalah maksimum iterasi. Maksimum iterasi yang digunakan adalah 1000. Sedangkan *learning rate* yang digunakan

adalah 0,01. Pelatihan *backpropagation* dilakukan hingga mendapatkan nilai bobot dan bias optimum.

**d. Pemilihan Model Terbaik**

Penentuan model NN terbaik untuk ARIMA-NN berdasarkan nilai MAPE. Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan MAPE untuk 1 sampai 6 *neuron* pada *hidden layer*.

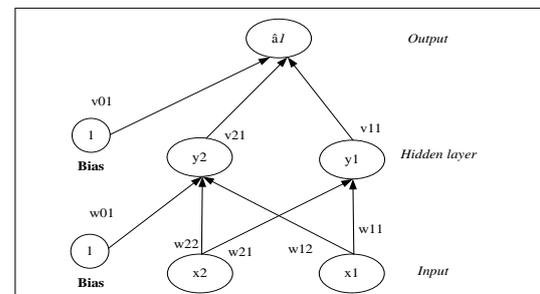
**Tabel 4.** Hasil Perhitungan MAPE

Hidden Layer	MAPE (%)
1 Neuron	4,0619
2 Neuron	3,9994
3 Neuron	4,0479
4 Neuron	4,1264
5 Neuron	4,0229
6 Neuron	4,0043

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai MAPE terkecil terletak pada 2 *neuron* sebesar 3,9994%. Oleh karena itu, untuk peramalan untuk bulan Januari-Desember 2018 menggunakan model ARIMA-NN akan digunakan 2 *neuron* pada *hidden layer*.

**e. Model Peramalan ARIMA-NN**

Struktur jaringan untuk peramalan menggunakan model terbaik yaitu *input* data  $a_{t-1}$  dan  $a_{t-2}$  (dalam perhitungan *backpropagation* akan disimbolkan sebagai  $x_1$  dan  $x_2$ ) dengan 2 *neuron* pada *hidden layer*. Arsitektur jaringan dengan 2 *input*, 2 *neuron* pada *hidden layer* dan 1 *output* ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur jaringan *backpropagation* untuk peramalan

Bobot dan bias optimum yang telah didapatkan pada proses pelatihan digunakan untuk meramalkan *output* residual data pada bulan Januari – Desember 2018 atau periode ke 89-100. Bobot dan bias optimum untuk model 2 *neuron* pada *hidden layer* adalah

$$w = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \\ w_{01} & w_{02} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0396 & 0,7330 \\ -0,2745 & 0,1796 \\ -1,0220 & -0,1414 \end{bmatrix}$$

$$v = \begin{bmatrix} v_{11} \\ v_{21} \\ v_{01} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,5838 \\ 0,8128 \\ 0,1668 \end{bmatrix}$$

Model peramalan FFNN algoritma *backpropagation* secara umum dapat ditulis sebagai berikut

$$\hat{a}_t = 0,1688 - 0,5838y_1 + 0,8128y_2$$

dengan

$$y_1 = \left( \frac{1}{1 + \exp(-(-1,0220 - 0,0396x_1 - 0,2745x_2))} \right)$$

$$y_2 = \left( \frac{1}{1 + \exp(-(-0,1414 + 0,7330x_1 + 0,1796x_2))} \right)$$

Model ARIMA-NN secara umum adalah  $\hat{N}_t = \hat{L}_t + \hat{a}_t$ , sehingga model ARIMA-NN yang terbentuk adalah

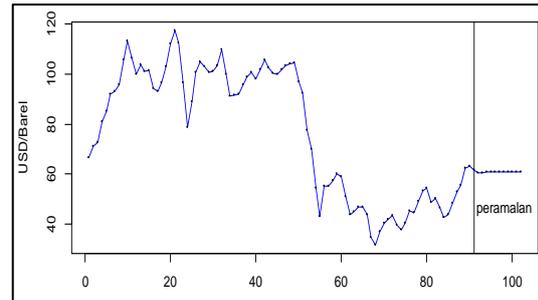
$$\hat{N}_t = 1,4748Z_{t-1} - 0,7198Z_{t-2} + 0,2450Z_{t-3} + 0,1688 - 0,5838y_1 + 0,8128y_2.$$

Hasil peramalan data harga minyak mentah Indonesia jenis BRC untuk bulan Januari-Desember 2018 dengan model ARIMA-NN ditampilkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Peramalan Harga Minyak Mentah Menggunakan Model ARIMA-NN

Bulan	Hasil Peramalan (USD/Barel)
Januari 2018	61,6305
Februari 2018	60,5653
Maret 2018	60,6155
April 2018	60,7907
Mei 2018	60,8909
Juni 2018	60,8928
Juli 2018	60,8706
Agustus 2018	60,8597
September 2018	60,8601
Oktober 2018	60,8629
November 2018	60,8642
Desember 2018	60,8641

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa hasil peramalan harga minyak mentah untuk tahun 2018 berada di kisaran harga 60 USD/Barel. Harga minyak mentah cenderung mengalami penurunan harga pada bulan Januari-Februari 2018. Harga minyak mentah mengalami kenaikan hingga bulan Mei 2018 lalu setelahnya cenderung stabil. *Time series plot* untuk harga minyak mentah Indonesia jenis BRC pada bulan Juli 2010-Desember 2017 beserta hasil peramalannya pada bulan Januari-Desember 2018 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Time series plot* data harga minyak mentah beserta hasil peramalan

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Model ARIMA-NN terbaik untuk peramalan harga minyak mentah jenis BRC memiliki komponen ARIMA(2,1,0) dan NN dengan 2 *input* dan 2 *neuron* pada *hidden layer*. Model ARIMA-NN terbaik adalah  $\hat{N}_t = 1,4748Z_{t-1} - 0,7198Z_{t-2} + 0,2450Z_{t-3} + 0,1688 - 0,5838y_1 + 0,8128y_2.$
2. Hasil peramalan harga minyak mentah Indonesia jenis BRC untuk bulan Januari-Desember 2018 berada di sekitar nilai 60 USD/Barel.

### Daftar Pustaka

Aswi & Sukarna. (2006). *Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasi*. Makassar: Andira Publisher.

Chevron Crude Oil Marketing. (2018). [http://crudemarketing.chevron.com/crude/far\\_eastern/bontang.aspx](http://crudemarketing.chevron.com/crude/far_eastern/bontang.aspx). Waktu Akses tanggal 23 Juli 2018..

Fausett, L. (1994). *Fundamental of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications*. New Jersey: Prentice-Hall.

Fitriani, B. E., Ispriyanti, D. & Prahutama, A. (2015). Peramalan Beban Pemakaian Listrik Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Menggunakan Hybrid Autoregressive Integrated Moving Average-Neural Network. *Jurnal GAUSSIAN*, 4(4), 745-754.

Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines Third Edition*. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Pearson Education.

Makridakis, S., Wheelwright, S. C. & McGee, V. E. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Terjemahan Untung Sus Andriyanto dan Abdul Basita. Jakarta: Erlangga.

- Rosadi, D. (2011). *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Sopana. (2016). *Harga Minyak Mentah Indonesia/Indonesian Crude Oil Price (ICP)*. <http://www.ketahananenergi.com/2016/05/harga-minyak-mentah-indonesia-indonesian-crude-oil-price-icp-1/>. Waktu akses 14 Februari 2018.
- Terasvirta, T., Lin, C.F. & Granger, W.J. (1993). Power of the Neural Network Linearity Test. *Journal of Time Series Analysis*, 14(2), 209-220.
- Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. USA: Pearson Education, Inc.
- Zhang, G. P. (2003). Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model. *Neurocomputing* 50, 159-175.

