

PEMODELAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DENGAN ALGORITMA ONE STEP SECANT BACKPROPAGATION DALAM RETURN KURS RUPIAH TERHADAP DOLAR AMERIKA SERIKAT

Maulida Najwa¹, Budi Warsito², Dwi Ispriyanti³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

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

ABSTRACT

Exchange rate is the currency value of a country that is expressed by the value of another country's currency. Changes in exchange rates indicate risks or uncertainties that would return obtained by investors. With the predicted value of return, investors can make informed decisions when to sell or buy foreign currency to gain an advantage. Forecasting of return values can be using artificial neural network with backpropagation. In backpropagation procedure, data is divided into two pairs, namely training data for training process and testing data for testing process. In the training process, the network is trained to minimize the MSE. One of optimization method that can minimize the MSE is *one step secant* backpropagation. In this research, the data used is the return of the exchange rate of rupiah against US dollar in the period of January 1st, 2015 until December 31st, 2015. The results were obtained architecture best model neural network that was built from 8 neurons in the hidden layer, 1 unit of input layer with input x_{t-1} and 1 unit of output layer. The activation function used in the hidden layer and output layer are bipolar sigmoid and linear, respectively. The architecture chosen based on the smallest MSE of testing data is 0.0014. After obtaining the best model, data is foreseen in the period of November 2016 produce MAPE=153.23%.

Keyword : Artificial Neural Network, Backpropagation, One Step Secant, Time Series, Exchange Rate.

1. PENDAHULUAN

Investasi adalah penempatan sejumlah dana pada saat ini dengan harapan untuk memperoleh keuntungan di masa mendatang. Salah satu pilihan tersebut adalah menginvestasikan dana melalui mata uang asing dalam pasar valuta asing. Perubahan nilai kurs menunjukkan risiko atau ketidakpastian *return* yang akan diperoleh investor. Dengan memantau pergerakan nilai return investor dapat menentukan keputusan kapan harus menjual atau membeli mata uang asing untuk memperoleh keuntungan.

Terdapat dua jenis metode peramalan yang utama, yaitu metode regresi dan metode *time series*. Dalam metode *time series* yang umum digunakan adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Kinerja metode ARIMA tersebut masih dibatasi dengan adanya asumsi-asumsi seperti stasioneritas data dan *white noise*. Kondisi inilah yang mendorong penulis untuk menggunakan metode statistika jaringan syaraf tiruan untuk memodelkan *return* dari data kurs rupiah terhadap dolar Amerika Serikat dengan *backpropagation*.

Pada prosedur *backpropagation*, data dibagi menjadi dua yaitu data training untuk proses pelatihan dan data testing untuk proses pengujian. Pada proses pelatihan, jaringan dilatih untuk meminimumkan nilai MSE. Salah satu metode optimasi yang dapat meminimumkan MSE adalah *one step secant backpropagation*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Runtun Waktu

Time series atau runtun waktu adalah suatu rangkaian variabel yang diamati pada interval waktu ruang yang sama ditunjukkan sebagai sebuah deret berkala^[5]. Sedangkan analisis time series adalah suatu metode kuantitatif untuk menentukan pola data masa lampau yang telah dikumpulkan secara teratur. Data *time series* yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *return*. *Return* merupakan salah satu faktor yang memotivasi investor untuk berinvestasi karena investor dapat menggambarkan secara nyata perubahan harga. Return didefinisikan sebagai berikut^[6]:

$$R(P_t) = \ln \left[\frac{P_t}{P_{(t-1)}} \right]$$

dengan, $R(P_t)$ = Return pada waktu ke-t
 P_t = data historis pada waktu ke-t
 $P_{(t-1)}$ = data historis pada waktu ke (t-1)

Dalam menentukan input pada jaringan syaraf tiruan perlu dilakukan penentuan plot autokorelasi parsial. Autokorelasi parsial digunakan untuk mengukur tingkat keeratan antara Z_t dan Z_{t-k} , apabila pengaruh dari lag waktu 1,2,3,... k-1 dianggap terpisah. Fungsi autokorelasi parsial dirumuskan sebagai berikut^[9]:

$$\rho_k = \frac{E[y_t - E(y_t)][y_{t-k} - E(y_{t-k})]}{E[y_t - E(y_t)]^2} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}, k = 0, 1, 2, \dots$$

2.2 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi^[7]. JST dikembangkan sebagai model matematika yang menyerupai pola pikir manusia atau jaringan syaraf makhluk hidup, dengan asumsi bahwa^[8]:

- 1) Proses informasi terjadi pada banyak elemen sederhana yang disebut neuron.
- 2) Sinyal yang melewati antar neuron menggunakan hubungan tertentu.
- 3) Setiap penghubung antar neuron mempunyai bobot (weight) yang bersesuaian dengan mengalikan sinyal yang dikirimkan.

Neuron-neuron dalam *neural network* disusun dalam lapisan-lapisan (*layer*) dan memiliki pola keterhubungan baik dalam satu lapisan maupun antar lapisan. Susunan dari neuron-neuron dalam lapisan dan pola keterhubungan dalam dan antarlapis disebut dengan arsitektur jaringan. Arsitektur yang sering digunakan dalam jaringan syaraf tiruan antara lain^[7]:

- 1) Jaringan Layar Tunggal (*single layer network*)

Jaringan *single layer* adalah sekumpulan *input* neuron yang dihubungkan langsung dengan sekumpulan *output*nya. Dalam jaringan ini, semua unit *input* dihubungkan dengan semua unit *output*, meskipun dengan bobot yang berbeda-beda. Tidak ada unit *input* yang dihubungkan dengan unit *input* lainnya, demikian pula dengan unit *output*.

- 2) Jaringan Layar Jamak (*multi layer network*)

Jaringan *multi layer* merupakan perluasan dari layar tunggal. Dalam jaringan ini, selain unit *input* dan *output* terdapat juga unit layar tersembunyi atau *hidden layer*. Jaringan *multi layer* dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dibandingkan dengan jaringan *single layer*, meskipun kadangkala proses pelatihan lebih kompleks dan lama.

Pada jaringan syaraf tiruan sering kali ditambahkan sebuah unit masukan yang nilainya selalu bernilai satu, yang disebut dengan unit bias. Bias dapat dipandang sebagai

sebuah *input* yang nilainya satu. Bias berfungsi untuk mengubah nilai *threshold* menjadi nol. Jika melibatkan bias, maka keluaran unit penjumlah adalah sebagai berikut^[7]:

$$net = w_0 + \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

dengan: net = fungsi penjumlah pada unit bias
 w_0 = bobot pada unit bias
 x_i = *input* jaringan ke-i
 w_i = bobot pada lapisan ke-i
n = banyak data

Arsitektur jaringan terdiri dari, satu unit lapisan *input* dengan jumlah neuron p, satu lapisan tersembunyi dengan n unit dan satu unit lapisan *output* terdiri dari satu neuron/node dapat dituliskan sebagai model jaringan syaraf tiruan berikut^[8]:

$$y = \Psi_0 \{ w_{c0} + \sum_n w_{n0} \Psi_n (w_{cn} + \sum_n w_{in} x_j) \}$$

dimana:

$\{w_{cn}\}$ = bobot untuk hubungan antara unit konstan pada lapisan *input* dan unit-unit lapisan tersembunyi.

w_{c0} = bobot untuk hubungan antara unit konstan pada lapisan *input* dan lapisan *output*

$\{w_{in}\}$ = bobot untuk hubungan antara unit-unit pada lapisan *input* dan unit-unit lapisan tersembunyi.

$\{w_{n0}\}$ = bobot untuk hubungan antara unit-unit pada lapisan tersembunyi dan unit-unit lapisan *output*.

$\Psi_n \Psi_0$ = fungsi aktivasi yang digunakan pada lapisan tersembunyi dan lapisan *output*.

2.3 Backpropagation

Pelatihan menggunakan *backpropagation* meliputi tiga tahap yaitu umpan maju (*feedforward*) dari pola *input*, penghitungan error dan penyesuaian bobot-bobot^[8]. Jaringan dengan *layer* tunggal mempunyai keterbatasan dalam mempelajari pola *input*. Kelemahan ini dapat diatasi dengan menambahkan satu atau beberapa *layer* tersembunyi (*hidden layer*) sehingga menjadi jaringan *multilayer* yang dapat mempelajari lebih banyak. Aliran dalam suatu jaringan syaraf *multilayer* yang terdiri dari *input layer*, *hidden layer* dan *output layer* dengan koneksi *feed forward*.

Dalam jaringan *backpropagation* fungsi aktivasi yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat yaitu: kontinu, dapat diturunkan dan merupakan fungsi yang tidak turun^[7]. Fungsi aktivasi yang memenuhi karakteristik dalam jaringan *backpropagation* yaitu fungsi linear, fungsi sigmoid biner, dan fungsi sigmoid bipolar^[4]:

1) Fungsi Linear (Identitas)

Fungsi Linear menghasilkan nilai *output* yang sama dengan nilai *input*nya. Fungsi linear dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$y = f(x) = x \quad \text{dengan: } f'(x) = 1$$

2) Fungsi Sigmoid Biner

Fungsi sigmoid biner menghasilkan nilai *output* dengan *range* 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf tiruan yang membutuhkan nilai *output* yang terletak pada interval 0 sampai 1. Fungsi sigmoid biner dirumuskan sebagai berikut:

$$y = f(x) = \frac{1}{1+e^{-\sigma x}} \quad \text{dengan: } f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)]$$

3) Fungsi Sigmoid Bipolar

Fungsi sigmoid bipolar merupakan fungsi yang hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, yang membedakannya adalah nilai *output* dari fungsi sigmoid bipolar memiliki *range* antara -1 sampai 1.

Fungsi sigmoid bipolar dirumuskan sebagai berikut:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-\sigma x}}{1 + e^{-\sigma x}} \quad \text{dengan: } f'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)]$$

Salah satu dari metode optimasi yang bisa digunakan dalam melatih jaringan *backpropagation* adalah algoritma *One Step Secant* (OSS). *One Step Secant* dapat melatih jaringan apapun selama bobot, *net input* dan fungsi aktivasi memiliki fungsi turunan. *Backpropagation* digunakan untuk menghitung turunan dari kinerja jaringan sehubungan dengan bobot dan bias. Bobot baru (bobot input, bias input, bobot lapisan dan bias lapisan) tergabung dalam sebuah vektor yang bernama w . Nilai vektor w pada *epoch* ke- k diperoleh sebagai berikut^[3]:

$$w_{k+1} = w_k + a * dw$$

dimana dw adalah arah yang akan dicari. Parameter a dicari untuk meminimumkan kinerja selama arah pencarian. Fungsi *line search* (*searchFcn*) digunakan untuk menempatkan titik minimum (a) tersebut. Arah pencarian pertama (dw) awal, masih berupa negatif gradien dari kinerja. Arah pencarian selanjutnya dihitung dari gradien baru dan arah pencarian sebelumnya, dengan rumus^[1]:

$$dw = -g_k + A_k s_k + B_k y_k$$

dimana:

$$\begin{aligned} g_k &= \nabla E(w_k) \\ s_k &= w_{k+1} - w_k \\ y_k &= g_{k+1} - g_k = \nabla E(w_{k+1}) - \nabla E(w_k) \\ A_k &= - \left(1 + \frac{y_k^T y_k}{s_k^T s_k} \right) \frac{s_k^T g_k}{s_k^T y_k} + \frac{y_k^T g_k}{s_k^T y_k} \\ B_k &= \frac{s_k^T g_k}{s_k^T y_k} \end{aligned}$$

2.4 Evaluasi Model

Metode evaluasi hasil peramalan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE adalah menentukan kesalahan absolut setiap periode kemudian membaginya dengan nilai observasi pada periode tersebut dan akhirnya merata-ratakan presentase absolut tersebut.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t}}{n} \times 100\%$$

Nilai MAPE yang dihasilkan mempunyai interpretasi sebagai berikut^[2]:

1. MAPE < 10% : peramalan sangat akurat
2. 10% ≤ MAPE < 20% : peramalan tersebut baik
3. 20% ≤ MAPE < 50% : peramalan masih dalam kewajaran
4. MAPE ≥ 50% : peramalan tidak akurat

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari *website* Bank Indonesia (www.bi.go.id). Data tersebut merupakan data pergerakan kurs jual rupiah terhadap dolar Amerika pada periode 1 Januari 2015 sampai dengan periode 31 Desember 2015 dengan menggunakan hari aktif (hari Senin sampai Jumat). Variabel yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah data return kurs rupiah terhadap dolar Amerika pada periode 1 Januari 2015 sampai dengan periode 31 Desember 2015 dengan menggunakan hari aktif (hari Senin sampai Jumat).

Dalam mengolah data untuk mencapai tujuan penelitian dalam tugas akhir ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan data kurs rupiah terhadap dolar Amerika yang telah ditransformasi menjadi *return*.
- 2) Menentukan nilai *input* berdasarkan plot PACF.
- 3) Melakukan pembagian data menjadi 2, yaitu data *training* dan data *testing*.
- 4) Memasukan data nilai input dan nilai output pada jaringan syaraf tiruan.
- 5) Menentukan jumlah neuron lapisan tersembunyi.
- 6) Menentukan bobot awal.
- 7) Melakukan inisialisasi parameter (*max epoch, learning rate, goal*).
- 8) Melakukan proses *training* dan *testing*.
- 9) Menentukan apakah MSE sudah lebih kecil dari nilai target MSE.
 - a. Jika iya, maka dilanjutkan dengan proses selanjutnya.
 - b. Jika tidak, maka kembali pada proses inisialisasi parameter.
- 10) Menentukan bobot akhir.
- 11) Melakukan peramalan (*forecasting*) untuk beberapa periode ke depan.
- 12) Menentukan nilai MAPE pada hasil peramalan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Membangun jaringan syaraf tiruan dengan algoritma *one step secant backpropagation* untuk penentuan model *return* kurs rupiah terhadap dolar Amerika sebagai berikut:

1) Penentuan input jaringan

Penentuan input jaringan dilakukan dengan melihat lag-lag yang signifikan pada plot PACF dari data *return*. Pada plot PACF jika ada garis yang melewati selang kepercayaan (garis putus-putus) berarti lag tersebut telah signifikan. Lag yang melewati selang kepercayaan adalah lag 1. Dari hasil tersebut maka input jaringan terdiri atas x_t dipengaruhi oleh x_{t-1} dengan data pada lag1. Sehingga data yang digunakan untuk input jaringan hanya berjumlah 487 data.

2) Pembagian data

Data untuk pemodelan menggunakan algoritma *one step secant backpropagation* dibagi menjadi 2 bagian yaitu data *training* dan data *testing*. Pembagian data pada pemodelan *return* kurs rupiah terhadap dolar Amerika menggunakan 70% data untuk data *training* dan 30% untuk data *testing*. Maka dari itu data *training* pada pemodelan ini sebanyak 341 (Lampiran 2) dan dengan data *testing* berjumlah 146 (Lampiran 3).

3) Penentuan Model yang optimal dengan Algoritma *one step secant backpropagation*.

Untuk membangun jaringan dengan algoritma *one step secant backpropagation* yang akan digunakan untuk penentuan model *return* kurs rupiah terhadap dolar Amerika menggunakan perintah *newff* pada MATLAB, yaitu :

```
net=newff(minmax(P), [8 1], {'tansig' 'purelin'}, 'trainoss');
```

Pada perintah tersebut, ada 8 neuron pada lapisan tersembunyi dan 1 lapisan output. Fungsi aktivasi yang digunakan pada lapisan tersembunyi adalah *tansig* (*sigmoid bipolar*) dan lapisan output adalah *purelin* (linier). Algoritma pelatihan yang digunakan adalah *trainoss* (*one step secant backpropagation*).

Untuk membangun jaringan dengan algoritma *one step secant backpropagation* adalah sebagai berikut:

a. Menentukan banyaknya neuron pada lapisan tersembunyi

Pembelajaran *backpropagation* dilakukan dengan menentukan banyaknya neuron pada lapis tersembunyi dengan cara mencoba neuron lapis tersembunyi mulai dari 5 neuron sampai 10 neuron menggunakan perintah pembelajaran *trainoss*. Fungsi aktivasi yang digunakan pada lapisan tersembunyi adalah *sigmoid bipolar* dan lapisan output adalah linier. Masing-masing jumlah neuron tersembunyi dicoba sebanyak 10 dan dipilih berdasarkan MSE *testing* yang terkecil.

Jumlah Neuron Lapisan Tersembunyi	MSE	
	Training	Testing
5	$5,2451 \cdot 10^{-4}$	0,0019
6	$6,1558 \cdot 10^{-4}$	0,0046
7	$8,3845 \cdot 10^{-4}$	0,0015
8	$9,0368 \cdot 10^{-4}$	0,0014
9	$9,5838 \cdot 10^{-4}$	0,0016
10	$8,4440 \cdot 10^{-4}$	0,0017

Tabel 1. Nilai MSE Hasil Pembelajaran Satu Lapisan Tersembunyi

Berdasarkan tabel 1, model yang terbaik dipilih berdasarkan nilai MSE *testing* yang terkecil yaitu pada neuron tersembunyi yang berjumlah 8 neuron dengan nilai MSE *testing* 0,0014. Sehingga jaringan yang akan dibentuk menggunakan jumlah neuron tersembunyi sebanyak 8 neuron.

b. Menentukan inialisasi Parameter dan bobot awal

Tahap awal dilakukan inialisasi bobot dengan menggunakan *software* MATLAB. Dalam menentukan bobot awal akan menghasilkan bobot dari input ke lapisan tersembunyi, bobot dari bias ke lapisan tersembunyi, bobot dari lapisan tersembunyi ke output maupun bobot dari bias ke output dilakukan dengan perintah sebagai berikut:

```
Bobot_Awal_Input_Hidden=net.IW{1,1}
Bobot_Awal_Bias_Hidden=net.b{1,1}
Bobot_Awal_Hidden_Output=net.LW{2,1}
Bobot_Awal_Bias_Output=net.b{2,1}
```

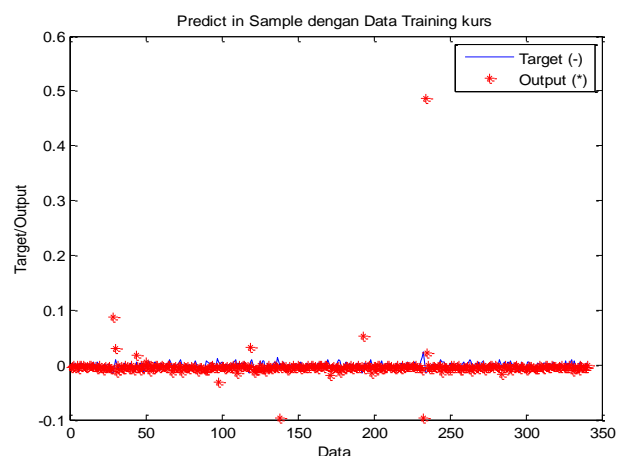
Menentukan parameter pembelajaran yang digunakan dalam *one step secant backpropagation* dengan `net.trainParam` untuk memperbaiki bobot dengan perintah sebagai berikut:

```
net.trainParam.epochs=1000;
net.trainParam.goal=1e-3;
net.trainParam.lr=0.05;
```

Jaringan yang sudah dibentuk dilatih dengan perintah sebagai berikut:
`net=train(net,P,T);`

c. Proses Training

Proses pelatihan jaringan dilakukan dengan algoritma *one step secant backpropagation*. Iterasi berhenti pada *epoch* ke 18 dengan nilai MSE sebesar $9,0368 \cdot 10^{-4}$.



Gambar 1. Prediksi Data Target dengan Data Keluaran *Training*

Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa pelatihan jaringan telah memberikan hasil prediksi yang cukup akurat yang ditunjukkan oleh kedekatan target (data asli = x_t) yang disimbolkan garis biru dengan prediksinya (output = y_t) yang disimbolkan tanda

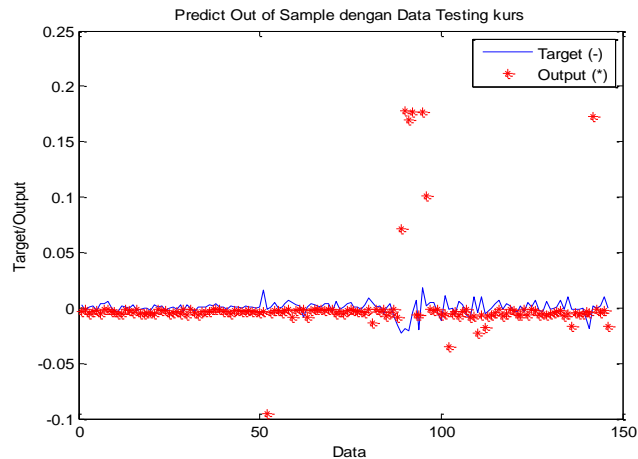
bintang (*) merah. Meskipun hasil prediksi cukup akurat namun terdapat beberapa prediksi yang tidak mendekati data target.

d. Menentukan Bobot Akhir

Setelah proses *training* berhenti maka didapatkan bobot akhir. Menentukan bobot-bobot akhir yang diperoleh dari pelatihan jaringan dilakukan dengan perintah sebagai berikut:

```
Bobot_Akhir_Input_Hidden=net.IW{1,1}
Bobot_Akhir_Bias_Hidden=net.b{1,1}
Bobot_Akhir_Hidden_Output=net.LW{2,1}
Bobot_Akhir_Bias_Output=net.b{2,1}
```

e. Proses *Testing*



Gambar 2. Prediksi Data Target dengan Data Keluaran *Testing*

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa proses *testing* telah memberikan hasil prediksi yang cukup akurat yang ditunjukkan oleh kedekatan target (data asli = x_t) yang disimbolkan garis biru dengan prediksinya (output = y_t) yang disimbolkan tanda bintang (*) merah. Meskipun hasil prediksi cukup akurat namun terdapat beberapa prediksi yang tidak mendekati data target. Pada Tabel 1 proses *testing* menghasilkan nilai MSE sebesar 0,0014.

4) Penentuan Model

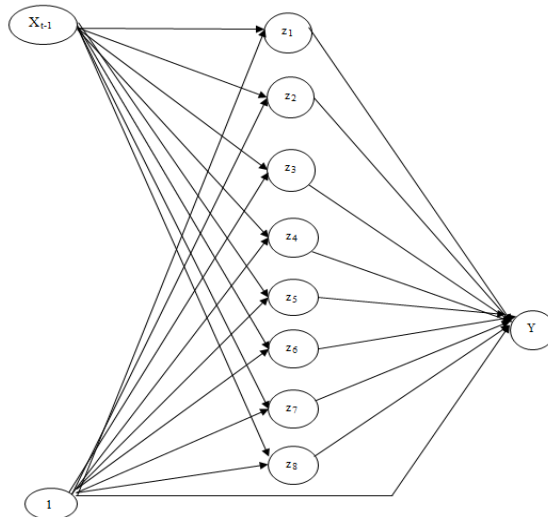
Arsitektur model dengan algoritma *one step secant backpropagation* yang dibangun dari 8 neuron pada lapis tersembunyi, 1 lapisan input yaitu x_{t-1} dan 1 lapisan output. Fungsi aktivasi yang digunakan pada lapisan tersembunyi adalah *sigmoid bipolar* dan lapisan output adalah *linear*, dengan model yang didapatkan sebagai berikut:

$$y_k = w_{k0} + \sum_{j=1}^8 w_{kj} \left(\frac{1 - e^{-(v_{j0} + \sum_{i=1}^8 x_i v_{ji})}}{1 + e^{-(v_{j0} + \sum_{i=1}^8 x_i v_{ji})}} \right) \quad (1)$$

dengan:

- w_{k0} = bobot bias pada lapisan tersembunyi ke lapisan output
- w_{kj} = bobot lapisan tersembunyi ke-j ke lapisan output
- v_{j0} = bobot bias pada lapisan input ke lapisan tersembunyi ke-j
- v_{ji} = bobot bias lapisan input ke lapisan tersembunyi ke-j
- x_i = variabel input ke-i

Berikut adalah arsitektur jaringan syaraf tiruan dari model persamaan (1):



Gambar 3. Arsitektur Model Jaringan Syaraf Tiruan

Peramalan *return* kurs rupiah terhadap dolar Amerika menggunakan bobot akhir yang didapatkan dari model terbaik. Model terbaik dibangun dari 8 neuron pada lapisan tersembunyi dengan 1 lapisan input yaitu x_{t-1} dan 1 lapisan output. Peramalan dilakukan pada November 2016. Berikut adalah perhitungan peramalan pada periode 1 November 2016 dengan $x_{t-1} = 0.0387$.

Operasi keluaran lapisan input ke-j ke lapisan tersembunyi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 z_{in_j} &= v_{j0} + \sum_{i=1} x_i v_{ji} \\
 &= [-13,506 \quad -10,291 \quad 7,0766 \quad -3,7574 \quad -0,3902 \quad -2,4352 \quad -5,6657 \quad -8,8907] \\
 &\quad + [0.0387] \begin{bmatrix} 570,49 \\ 570,49 \\ -570,49 \\ 570,49 \\ 570,49 \\ -570,49 \\ -570,49 \\ 570,4935 \end{bmatrix} \\
 &= [8,5962 \quad 11,8112 \quad -15,0256 \quad 18,3448 \quad 21,7120 \quad -24,5374 \quad -27,7679 \quad 30,9931]
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid bipolar* diperoleh:

$$\begin{aligned}
 z_j &= f(z_{in_j}) = \frac{1 - e^{-z_{in_j}}}{1 + e^{-z_{in_j}}} \\
 z_1 &= f(z_{in_1}) = \frac{1 - e^{-8,5962}}{1 + e^{-8,5962}} = 0,9996 \\
 z_2 &= f(z_{in_2}) = \frac{1 - e^{-11,8112}}{1 + e^{-11,8112}} = 0,9999 \\
 z_3 &= f(z_{in_3}) = \frac{1 - e^{15,0256}}{1 + e^{15,0256}} = -1 \\
 z_4 &= f(z_{in_4}) = \frac{1 - e^{-18,3448}}{1 + e^{-18,3448}} = 1 \\
 z_5 &= f(z_{in_5}) = \frac{1 - e^{-21,7120}}{1 + e^{-21,7120}} = 1 \\
 z_6 &= f(z_{in_6}) = \frac{1 - e^{24,5374}}{1 + e^{24,5374}} = -1 \\
 z_7 &= f(z_{in_7}) = \frac{1 - e^{27,7679}}{1 + e^{27,7679}} = -1
 \end{aligned}$$

$$z_8 = f(z_{in_8}) = \frac{1 - e^{-30,9931}}{1 + e^{-30,9931}} = 1$$

Operasi keluaran lapisan tersembunyi ke lapisan output:

$$y_k = f(y_{in_k})$$

$$y_{in_k} = w_{ko} + \sum_{j=1}^8 w_{kj} z_j$$

$$y_{in_1} = 0,4538 + [0,2399 \quad 0,1893 \quad \dots \quad -0,0916] \begin{bmatrix} 0,99996 \\ 0,99999 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = 0,7301$$

dengan menggunakan fungsi linier maka output yang dihasilkan diperoleh :

$$y_k = f(y_{in_k})$$

$$y_k = y_{in_k}$$

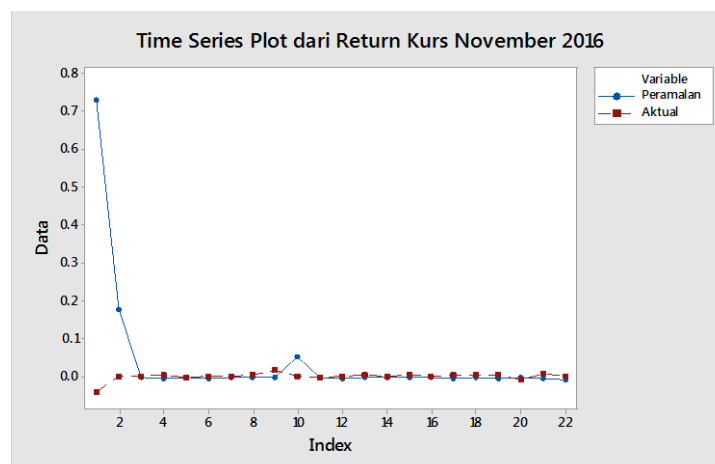
$$y_1 = 0,7301$$

Peramalan *return* kurs rupiah terhadap dolar Amerika dengan menggunakan model terbaik pada periode 1 November 2016 adalah sebesar -0,7301. Dengan proses yang sama didapatkan peramalan *return* kurs rupiah terhadap dolar Amerika untuk bulan November 2016 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Peramalan *Return* Kurs Rupiah Bulan November

Tanggal	Peramalan	Aktual
01 November 2016	0.7301	-0.0397
02 November 2016	0.1774	0.0017
03 November 2016	-0.0033	-0.0006
04 November 2016	-0.0044	0.0041
07 November 2016	-0.0042	-0.0017
08 November 2016	-0.0051	0.0006
09 November 2016	-0.0037	-0.0005
10 November 2016	-0.0043	0.0027
11 November 2016	-0.0033	0.0175
14 November 2016	0.0532	0.0006
15 November 2016	-0.0038	-0.0015

Tanggal	Peramalan	Aktual
16 November 2016	-0.0050	0.0007
17 November 2016	-0.0037	0.0028
18 November 2016	-0.0034	0.0017
21 November 2016	-0.0033	0.0022
22 November 2016	-0.0033	-0.0010
23 November 2016	-0.0047	0.0036
24 November 2016	-0.0038	0.0050
25 November 2016	-0.0055	0.0022
28 November 2016	-0.0033	-0.0077
29 November 2016	-0.0056	0.0061
30 November 2016	-0.0080	0.0010



Gambar 4. Time Series Plot dari *Return* Kurs November 2016

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa banyak hasil prediksi yang mendekati data target, tetapi terdapat beberapa prediksi yang tidak mendekati data target. Peramalan bulan

November 2016 menghasilkan MAPE sebesar 153,23%. Berdasarkan kriteria MAPE, berarti nilai MAPE yang dihasilkan mengindikasikan peramalan tidak akurat.

5. KESIMPULAN

Diperoleh arsitektur model yang terbaik adalah dengan algoritma *one step secant backpropagation* yang dibangun dari 8 neuron pada lapis tersembunyi, 1 lapisan input yaitu x_{t-1} dan 1 lapisan output. Fungsi aktivasi yang digunakan pada lapisan tersembunyi adalah *sigmoid bipolar* dan lapisan output adalah *linear*, dengan model sebagai berikut:

$$y_k = w_{k0} + \sum_{j=1}^8 w_{kj} \left(\frac{1 - e^{-(v_{j0} + \sum_{i=1}^8 x_i v_{ji})}}{1 + e^{-(v_{j0} + \sum_{i=1}^8 x_i v_{ji})}} \right)$$

Model tersebut menghasilkan nilai MSE *training* sebesar $9,0368 \cdot 10^{-4}$ dan MSE *testing* sebesar 0,0014. Peramalan return kurs rupiah terhadap dolar Amerika menggunakan model terbaik dilakukan pada bulan November 2016. Hasil prediksi banyak yang mendekati data target, tetapi terdapat beberapa prediksi yang tidak mendekati data target. Peramalan bulan November 2016 menghasilkan MAPE sebesar 153,23% yang berarti peramalan tersebut tidak akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Battiti, R. 1992. *First and second order methods for learning: Between steepest descent and Newton's method*. Neural Computation, Vol. 4. No. 2. 141-166.
- [2] Chen, R.J.C., Bloomfield, P., dan Cabbage, F.W. 2007. *Comparing Forecasting Models in Tourism*. Journal of Hospitality & Tourism Research 2007. DOI: 10.1177/1096348007309566
- [3] Constantinescu, R. 2008. *Geometrical form Recognition Using "One-Stepsecant" Algorithm in Case of Neural Network*. U.P.B. Sci. Bull. Series C. Vol. 70. No. 2.
- [4] Kusumadewi, S. 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & Excel Linnk*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [5] Makridakis, S. dan Wheelwright, S.C. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi kedua. Terjemahan Hari Suminto. Jakarta : Binarupa Aksara.
- [6] Maruddani, D dan Purbowati, A. 2009. *Pengukuran Value at Risk pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo*. Media Statistika. Vol 2. No. 2. Desember 2009. 93-104.
- [7] Siang, J.J. 2005, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan Matlab*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
- [8] Warsito, B. 2009. *Kapita Sleka Statistika Neural Network*. Semarang : BP UNDIP.
- [9] Wei, W.W.S. 2006. *Time Analysis Univariate and Multivariate Methods, 2nd Edition*. USA : Addison Wesley Publishing Company, Inc.