

PERBANDINGAN METODE BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK DAN FUZZY WAVELET UNTUK PREDIKSI KURS DOLAR TERHADAP RUPIAH

Adhita Yuliawati¹, Tiani Wahyu Utami², M. Al Hariz³

^{1,2,3}Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang

Alamat e-mail : adhita.yuliawati@gmail.com

ABSTRAK

Data *time series* seperti nilai tukar rupiah, harga saham, dan iklim merupakan jenis data yang mengalami fluktuasi tajam, sehingga mengakibatkan sulit dilakukan analisis menggunakan metode klasik. Naik turunnya nilai tukar rupiah menyebabkan pentingnya analisis yang diharapkan dapat membantu dalam meramalkannya dimasa mendatang. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pemodelan peramalan nilai tukar dolar terhadap rupiah menggunakan metode *backpropagation neural network* dan metode *fuzzy wavelet*, pemodelan terbaik dan hasil prediksi untuk 10 hari berikutnya. Algoritma pembelajaran *backpropagation neural network* mampu memformulasikan data non linear. *Fuzzy Inference System* jika digunakan untuk peramalan akan menghasilkan nilai *error* yang sangat kecil dan jika ditambahkan transformasi *wavelet* akan mengurangi rangkaian yang *noisy*. Penggunaan *backpropagation neural network* pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode tersebut merupakan metode terbaik dibandingkan dengan *fuzzy wavelet* hal ini ditunjukkan dengan nilai MAPE yang lebih rendah yaitu 0.56%. Arsitektur jaringan 2-25-1 dengan iterasi maksimal 1000 dan target error 0.00001 diterapkan pada data kurs dolar AS terhadap rupiah periode 1 Januari 2016 hingga 30 Juni 2019. Hasil prediksi 10 hari kedepan menunjukkan bahwa arsitektur jaringan tersebut sangat baik karena data prediksi mendekati data aktual. Pemodelan ini masih perlu dikembangkan lagi karena masih banyak faktor-faktor lain yang mempengaruhi kurs dolar AS terhadap rupiah.

Kata Kunci : *Time Series, Backpropagation, Neural Network, Fuzzy Wavelet, Kurs Dolar.*

ABSTRACT

Time series data like a rupiah exchange rate, stock price and climate were the type of data that has fluctuations which effect is difficult analysis using the classical method. Fluctuation of rupiah exchange causes analysis about it is very important to help predict in the future. This research would be conducted to find out how to forecast the exchange rate of the rupiah against the US dollar using the backpropagation neural network method and the fuzzy wavelet method, which was the best modeling and how the results are predicted. Backpropagation neural network were able to formulate non linear data. Fuzzy Inference System if used for predictions would produce a very small error value and if wavelet transformation was add to this data it can decrease the noisy series. Backpropagation neural network in this research show that this method is the best method than fuzzy wavelet it's proof by the value of MAPE, in this method the value of MAPE from backpropagation neural network is 0.56%. The architecture of network is 2-25-2 with maximal epoch 1000 and target error 0.00001 this network was apply on US dollar exchange rate against rupiah period January 2016 till June 2019. The result form prediction 10 days forward show that this architecture is good because the prediction very close with the actual data. This model must more develop because in the other side many factors that cause US dollar exchange rate against rupiah.

Keywords : *Time Series, Backpropagation, Neural Network, Fuzzy Wavelet, Exchange Rate*

PENDAHULUAN

Data runtun waktu (*time series*) merupakan data dari hasil pengamatan yang terjadi menurut urutan waktu dengan interval waktu tetap untuk suatu peubah. Analisis runtun waktu diterapkan untuk meramalkan struktur probabilistik keadaan yang akan terjadi di masa mendatang yang digunakan dalam pengambilan keputusan sebuah perencanaan tertentu. Selama ini banyak peramalan yang dilakukan secara intuitif menggunakan metode-metode statistika seperti metode *smoothing*, *Box-Jenkins*, ekonometri regresi dan lainnya. Seiring dengan berkembangnya teknologi, peramalan data *time series* telah banyak dikembangkan. Model runtun waktu yang umum digunakan adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Pada metode ARIMA data yang digunakan harus memenuhi asumsi-asumsi yang terkait di dalamnya seperti normalitas pada residual, homogenitas, independensi dan stasioneritas. Perhitungan metode ini memiliki kekurangan hasil yang konstan jika melakukan proses peramalan dalam jumlah data yang banyak dan terdapat selisih harga yang tajam atau tinggi. Pada kehidupan nyata, terdapat banyak sekali data yang mengalami fluktuasi dimana terdapat nilai ekstrim mengakibatkan analisis dengan menggunakan ARIMA sulit dilakukan, seperti data *time series* nilai tukar rupiah, harga saham, iklim, cuaca dan sebagainya.

Artificial Neural Network atau jaringan saraf tiruan merupakan sistem komputasi yang menirukan cara kerja sel saraf biologis yang ada pada otak manusia. Sama seperti otak manusia, model jaringan saraf tiruan memecahkan suatu masalah dengan melakukan proses pembelajaran terlebih dahulu. Keunggulan dari jaringan saraf tiruan diantaranya yaitu toleransi yang tinggi terhadap data *noisy* dan mampu memformulasikan data non linear (Han *et al*, 2012). Metode *backpropagation* merupakan suatu algoritma pembelajaran yang ada pada model jaringan saraf tiruan.

Logika *fuzzy* merupakan modifikasi dari teori himpunan dimana setiap anggota dari himpunan ini memiliki derajat keanggotaan yang nilainya kontinu yaitu 0 sampai 1. Logika *fuzzy* juga digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang menggunakan bahasa linguistik dan

juga dapat menunjukkan sejauh mana nilai itu benar atau sejauh mana nilai itu salah (Septiawan, R. 2009). Jika dibandingkan dengan logika konvensional, logika *fuzzy* memiliki kelebihan sendiri yaitu kemampuannya dalam proses penalaran secara bahasa dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik yang rumit. Jika digunakan untuk prediksi metode *fuzzy time series* akan menghasilkan nilai error yang sangat kecil (Partal dan Kisi, 2007).

Menurut Popoola *et al* (2004) banyak sistem logika *fuzzy* yang berfokus pada analisis runtun waktu mentah atau *return time series*. Meskipun pendekatan *fuzzy* dapat menghasilkan analisis dan prediksi yang masuk akal, namun pendekatan ini tidak optimal, karena rangkaian tersebut bersifat *noisy*. Keakuratan analisis pada data yang tidak diolah, dirusak oleh komponen acaknya. Sehingga, diperlukan suatu analisis kuat yang mampu memberikan prediksi yang dinamis pada data *time series* yang tidak stabil. Salah satu alat preposisi tersebut adalah transformasi *wavelet*, yang telah terbukti dapat mengidentifikasi dinamika deterministik pada proses keuangan. *Wavelet* adalah fungsi matematika yang “memotong” data ke dalam komponen frekuensi yang berbeda dan mempelajari setiap komponen dengan resolusi yang sesuai dengan skalanya.

Nilai tukar atau kurs adalah harga mata uang suatu negara relatif terhadap mata uang negara lainnya. Titik keseimbangan nilai tukar ditentukan oleh sisi penawaran dan permintaan dari kedua mata uang tersebut karena nilai tukar ini mencakup dua mata uang. Nilai tukar rupiah dengan dolar AS sangat berperan dalam bidang perekonomian terutama menyangkut barang yang dibeli menggunakan mata uang dolar. Semua lapisan masyarakat ikut merasakan perubahan nilai tukar rupiah, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Tujuan dilakukannya prediksi kurs mata uang adalah untuk mengetahui kira-kira besar nilai tukar mata uang di waktu yang akan datang yang bersifat harian. Setelah data hasil prediksi diperoleh, pihak-pihak yang berkepentingan dapat mengambil langkah-langkah strategis yang sekiranya perlu dilakukan agar tidak mengalami kerugian yang cukup besar. Misal pada perusahaan multinasional, dapat ditentukan keputusan

pembiayaan jangka pendek, keputusan investasi jangka pendek, keputusan penganggaran modal, keputusan pembiayaan jangka panjang dan penilaian laba yang semua keputusan tersebut dipengaruhi oleh perubahan nilai tukar mata uang.

Penelitian mengenai *backpropagation* sebelumnya telah dibahas oleh Kurniawan (2018), pada penelitian ini dilakukan implementasi metode *backpropagation* dengan inisialisasi bobot nguyen widrow untuk meramalkan harga saham. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pelatihan jaringan saraf tiruan dengan jumlah data set yang banyak membutuhkan perhitungan yang kompleks, sehingga jaringan saraf tiruan dengan arsitektur jaringan yang sederhana kurang efektif dan dapat terjebak pada titik lokal minimum. Hasil peramalan untuk harga *close* saham BBCA.JK memiliki nilai MAPE 0,85% dan untuk harga *close* saham AALI.JK memiliki nilai MAPE sebesar 1,84%. Lesinki et al (2016) juga melakukan penelitian dengan judul *Application of an Artificial Neural Network to Predict Graduation Success at the United States Military Academy*. Penelitian ini memprediksi kelulusan mahasiswa menggunakan *multi-layer feedforward neural network* dengan metode pembelajaran *backpropagation*. Data yang digunakan berjumlah 5100 sampel, 70% digunakan pelatihan jaringan, 15% untuk menguji jaringan dan 15% untuk validasi. Dengan 9 input berupa variabel kategorik dan numerik digunakan untuk mengklasifikasi mahasiswa menjadi 3 tingkatan yaitu lulus, lulus namun terlambat dan tidak lulus. Jumlah neuron pada layer tersembunyi yang optimal adalah 50, dengan *momentum value* 0.8, dan *learning rate* 0.1. Akurasi yang didapatkan dengan menggunakan arsitektur model tersebut melebihi 95%.

Papoola et al (2004) pernah membahas mengenai *fuzzy-wavelet* pada penelitiannya yang berjudul *A Fuzzy-Wavelet Method for Analyzing Non-Stationary Time Series*, hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *fuzzy wavelet* bekerja lebih baik daripada pemodelan *fuzzy* murni pada studi kasus nilai tukar mata uang dolar dengan nilai MSE 30% jauh lebih kecil dari metode peramalan lainnya. Penelitian lainnya dilakukan oleh Putri (2018) dengan menggunakan data jumlah penumpang DAMRI, didapatkan nilai MAPE sebesar 0.157. Penelitian ini menggunakan

transformasi *Maximum Overlap Discret Wavelet Transformation* (MODWT) untuk mentransformasi data lalu selanjutnya dilakukan pemodelan dengan pendekatan *fuzzy time series*.

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan tersebut, maka akan dilakukan perbandingan dari dua metode yaitu *Backpropagation Neural Network* dan *Fuzzy Wavelet*. Untuk mendapatkan hasil pemodelan prediksi terbaik maka akan digunakan nilai MAPE. Studi kasus yang digunakan adalah prediksi nilai kurs dolar AS terhadap rupiah.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Backpropagation Neural Network

Artificial Neural Network atau jaringan saraf tiruan merupakan suatu konsep rekayasa pengetahuan dalam bidang kecerdasan buatan yang didesain dengan mengadopsi system saraf manusia, yang pemrosesan utamanya ada di otak. Algoritma *backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran dari *Neural Network* terawasi yang biasanya digunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Algoritma ini menggunakan *error* keluaran untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi yang dapat didiferensiasikan seperti *sigmoid*.

Penjabaran dari fase algoritma pelatihan *backpropagation* adalah sebagai berikut (Siang, 2005: 102-103):

- Langkah 0: Inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil.
- Langkah 1: Jika kondisi penghentian belum terpenuhi, lakukan langkah 2 – 9
- Langkah 2: untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan langkah 3 – 8

Fase 1: Propogasi maju

- Langkah 3: Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya
- Langkah 4: Hitung semua keluaran di unit tersembunyi z_j ($j = 1, 2, \dots, p$)

$$z_{in_j} = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji}$$

$$z_j = f(z_{in_j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{in_j}}}$$

(6)

- f) Langkah 5: Hitung semua keluaran jaringan di unit y_k ($k = 1, 2, \dots, m$)

$$y_{in_k} = w_{k0} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj}$$

$$y_k = f(y_{in_k}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{in_k}}}$$

Fase II: Propogasi mundur

- g) Langkah 6: Hitung faktor δ unit keluaran berdasarkan kesalahan disetiap unit keluaran

$$y_k \quad (k = 1, 2, \dots, m)$$

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k)$$

δ_k merupakan unit kesalahan yang akan dipakai dalam perubahan bobot layer di bawahnya.

Hitung suku perubahan bobot w_{kj} (yang akan dipakai nanti untuk mengubah bobot w_{kj}) dengan laju kecepatan α .

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j ; k = 1, 2, \dots, m ; j = 0, 1, \dots, p$$

- h) Langkah 7: Hitung faktor δ unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi z_j ($j = 1, 2, \dots, p$)

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj}$$

Faktor δ unit tersembunyi:

$$\delta_k = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) = \delta_{in_j} z_j (1 - z_j)$$

Hitung suku perubahan bobot v_{ji} (yang akan dipakai nanti untuk mengubah bobot v_{ji}) dengan laju kecepatan α .

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i ; j = 1, 2, \dots, m ; i = 0, 1, \dots, p$$

Fase III: Perubahan bobot

- i) Langkah 8: Hitung semua perubahan bobot
Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran:

$$w_{kj}(\text{baru}) = w_{kj}(\text{lama}) + \Delta w_{kj}$$

$$k = (1, 2, \dots, m ; j = 0, 1, \dots, p)$$

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit tersembunyi:

$$v_{ji}(\text{baru}) = v_{ji}(\text{lama}) + \Delta v_{ji}$$

$$j = (1, 2, \dots, m ; i = 0, 1, \dots, p)$$

Ketiga fase tersebut diulang-ulang hingga kondisi penghentian dipenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau jika kesalahan yang terjadi sudah lebih kecil dari batas toleransi yang diizinkan.

2. Fuzzy Wavelet

a. Transformasi Wavelet

Transformasi *wavelet* merupakan sebuah fungsi konversi yang dapat digunakan untuk membagi suatu fungsi atau sinyal ke dalam komponen frekuensi yang berbeda, yang selanjutnya komponen-komponen tersebut dapat dipelajari sesuai dengan skalanya. Secara sederhana transformasi *wavelet* digunakan untuk mengubah suatu fungsi dengan domain waktu menjadi domain frekuensi.

b. Fuzzy

Sistem *fuzzy* didasarkan pada teori logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* digunakan untuk mengekspresikan suatu besaran ke dalam suatu bahasa (*linguistic*), seperti nilai tukar dollar AS terhadap rupiah yang dapat dinyatakan dengan produksi tinggi, sedang dan rendah.

Menurut Wang (1997), sistem *fuzzy* terdiri dari 3 tahapan, yaitu:

- Fuzzifikasi: merupakan tahap pertama dari perhitungan *fuzzy*, yaitu mengubah masukan (*input*) yang berupa derajat keanggotaan. Sehingga, tahap ini mengambil nilai-nilai *crisp* dan menentukan derajat dimana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai.
- Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan aturan *fuzzy* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Secara sintaks, suatu aturan *fuzzy* dituliskan sebagai berikut:
IF anteseden THEN konsekuen
- Defuzzifikasi: *Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy*

yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga, jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*.

METODE PENELITIAN

1. Sumber Data

Data pada penelitian ini diperoleh dari *website* resmi Bank Indonesia www.bi.go.id. Bank Indonesia merupakan bank sentral Republik Indonesia yang memiliki tujuan tunggal yaitu mencapai dan memelihara kestabilan nilai rupiah. Bank Indonesia menyediakan data nilai tukar rupiah yang bisa diunduh secara gratis berupa data harian.

2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai tukar dolar AS terhadap rupiah kurun waktu Januari 2016 hingga Juli 2019 sebanyak 847 data.

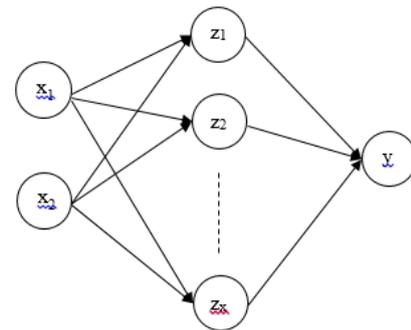
3. Analisis Data

Tahapan analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Melakukan analisis deskriptif dalam bentuk grafik plot data *time series* kurs dolar AS terhadap rupiah, nilai maksimal-minimal dan nilai mean.
- b. Pengujian menggunakan metode *neural network backpropagation* dengan inialisasi bobot *nguyen widrow* ada beberapa tahapan sebagai berikut:
 1. *Preprocessing* Data: membagi data menjadi 2 yaitu 70% untuk data pelatihan dan 30% untuk data pengujian. Pembentukan pola data bahwa data kurs hari kemarin dan kurs hari sekarang digunakan untuk meramalkan kurs di hari esoknya.
 2. Penentuan parameter jaringan dengan mengubah jumlah neuron pada *hidden layer*, jumlah maksimal iterasi dan target *error*. Proses ini dilakukan secara *trial* dan *error* hingga didapatkan arsitektur terbaik.
 3. Proses pelatihan disini menggunakan algoritma *backpropagation* dimana penginisialisasian bobot awalnya menggunakan inialisasi bobot *nguyen widrow*. Menggunakan 2 buah *input*, 1 layar tersembunyi, dan 1 buah *output*

sesuai dengan pola data yang telah dibentuk.

Layar input Layar tersembunyi Layar output



Gambar 1. Arsitektur *Backpropagation Neural Network*

4. Pengujian. Tahap pelatihan dikatakan selesai apabila kondisi penghentian telah terpenuhi. Setelah pelatihan selesai maka didapatkan bobot baru yang menjadi bobot akhir dari proses pelatihan. Bobot akhir ini nantinya akan digunakan untuk meramal data baru yang disebut sebagai data uji.
5. Menghitung nilai MAPE

c. Langkah-langkah analisis metode *fuzzy wavelet* yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

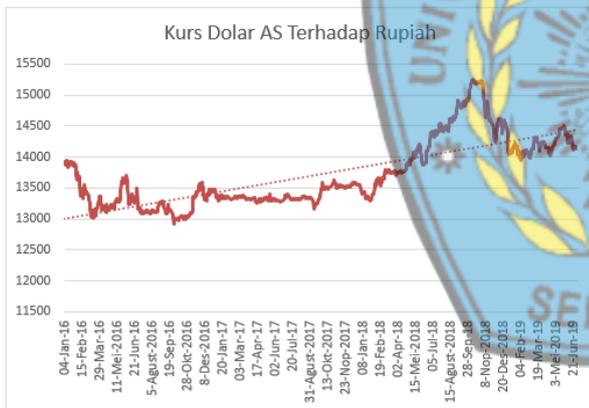
- 1) Melakukan melakukan transformasi *wavelet* menggunakan MODWT.
- 2) *Preprocessing* data: membagi data menjadi 2 yaitu 70% untuk data pelatihan dan 30% untuk data. pengujian. Pembentukan pola data variabel *input* menggunakan hasil transformasi MODWT berupa *detail1*, *detail2*, *detail3*, *detail4* sedangkan variabel *output*nya *smooth4*.
- 3) Membuat himpunan semesta dari data hasil transformasi MODWT.
- 4) Fuzifikasi
Himpunan tegas data *input* dan *output* harus diubah menjadi himpunan *fuzzy* terlebih dahulu, agar dapat diolah oleh *fuzzy inference system*. Untuk mengubah himpunan tegas menjadi himpunan *fuzzy* digunakan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi keanggotaan segitiga. Banyak himpunan *fuzzy* pada input adalah 3 yaitu tinggi, sedang dan rendah.
- 5) Melakukan analisis inferensi *fuzzy* pada data *input* dan *output* menggunakan metode Takagi Sugeno Kang dan metode Mamdani.
- 6) Melakukan defuzzifikasi menggunakan metode *centroid*.

- 7) Menghitung nilai MAPE.
- d. Pemilihan Metode Terbaik Setelah didapatkan nilai MAPE dari masing-masing metode, selanjutnya adalah membandingkan nilai MAPE model. Metode dengan nilai MAPE terkecil merupakan metode yang paling baik.
- e. Peramalan (*Forecasting*) Setelah didapatkan model terbaik langkah selanjutnya adalah meramalkan nilai kurs dolar Amerika Serikat untuk 10 hari berikutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Deskriptif

Secara visual dapat dilihat bahwa kurs dolar AS terhadap rupiah mengalami fluktuasi yang cukup tajam. Apabila pada data tersebut dilakukan peramalan menggunakan metode peramalan klasik seperti *Box-Jenkins* akan menghasilkan peramalan dengan nilai akurasi yang rendah, sehingga perlu dilakukan peramalan menggunakan metode yang lebih kompleks.



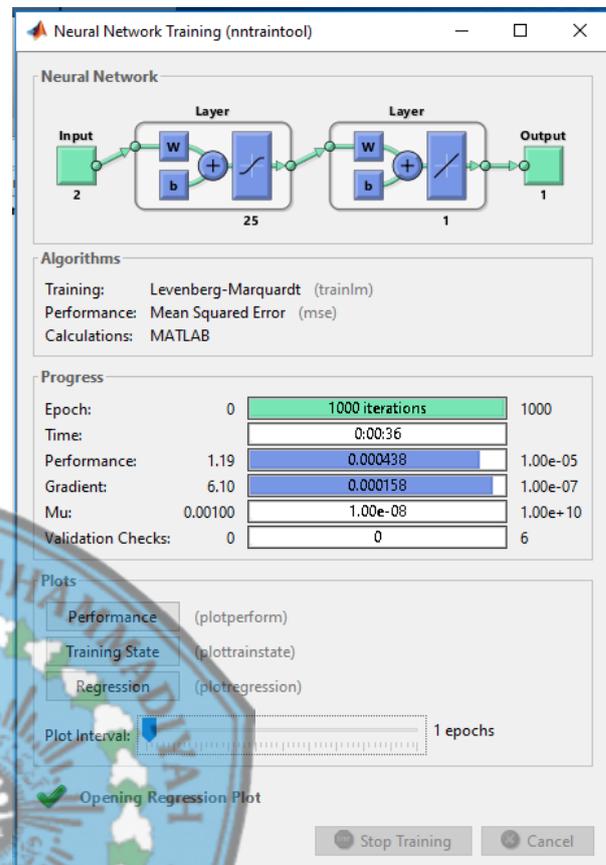
Gambar 2. Plot Data Kurs Dolar Terhadap Rupiah

2. Metode *Backpropagation Neural Network*

Proses pengujian menggunakan arsitektur 2-25-1, yaitu 2 neuron *input*, 25 neuron *hidden* layer dan 1 neuron *output*. Jumlah iterasi maksimal yang efektif sebanyak 1000 dengan target error yang digunakan 10^{-5} .

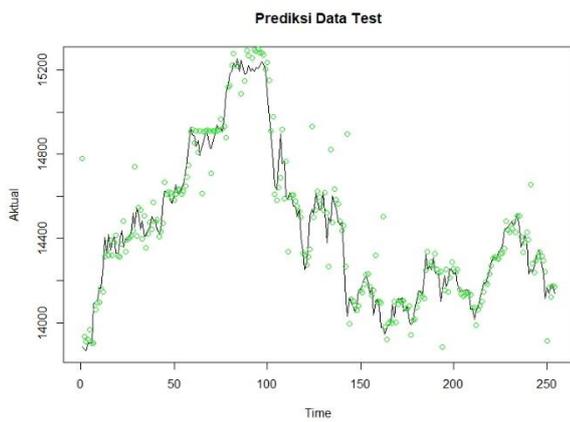
Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai *error* maksimum yang dapat dicapai hingga iterasi ke 1000 adalah 0.000438. Nilai *error* tersebut cukup jauh dari nilai target *error* yang diinginkan yaitu 0.00001.

Kesesuaian antara data *output* jaringan dan data target dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Proses Pelatihan Jaringan

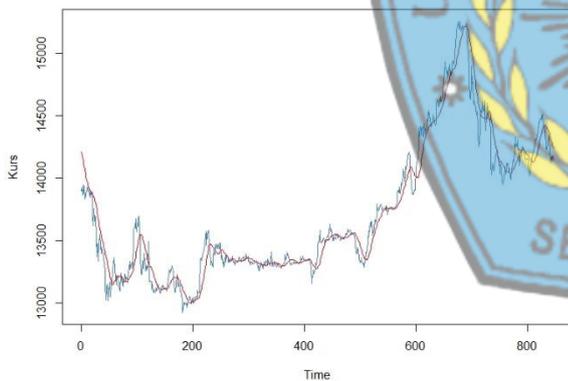
Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat bahwa titik berwarna hijau merupakan data *output* yang dihasilkan oleh jaringan atau data prediksi dan garis hitam merupakan data asli. Dari gambar tersebut dapat diketahui hasil prediksi sudah mendekati data asli meskipun masih ada beberapa data yang hasil prediksinya cukup jauh. Nilai MAPE yang didapatkan dari metode *backpropagation* sebesar 0.56%.



Gambar 4. Plot Data Aktual Terhadap Data Prediksi Metode *Backpropagation*

3. Fuzzy Wavelet

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat secara visual data hasil transformasi MODWT mengikuti pola data aktual. Data *smooth4* lebih halus jika dibandingkan dengan data aktual. Transformasi MODWT dengan level 4 menghasilkan transformasi berupa *detail1*, *detail2*, *detail3*, *detail4*, dan *smooth4*.



Gambar 5. Perbandingan Data Aktual dengan *Smooth4*

Himpunan universal pada variabel *output smooth4* adalah $U = [13001.7, 15212.4]$. Data hasil transformasi MODWT kurs rupiah terhadap dolar AS dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu rendah, sedang, tinggi.

a. Rendah

$$\mu_R(x) = \begin{cases} \frac{14107 - x}{1105.35} & ; 13001.7 \leq x \leq 14107 \\ 0 & ; x > 14107 \end{cases}$$

b. Sedang

$$\mu_S(x) = \begin{cases} \frac{x - 13001.7}{1105.35} & ; 13001.7 \leq x \leq 14107 \\ \frac{15212.4 - x}{1105.35} & ; 14107 \leq x \leq 15212.4 \\ 0 & ; x < 13001.7, x > 15212.4 \end{cases}$$

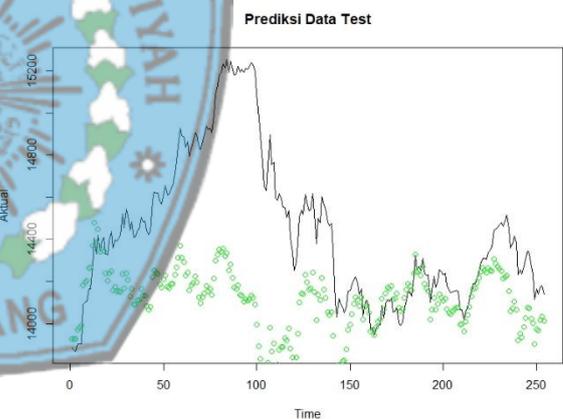
c. Tinggi

$$\mu_T(x) = \begin{cases} \frac{x - 14107}{1105.35} & ; 14107 \leq x \leq 15212.4 \\ 0 & ; x < 14107 \end{cases}$$

Berdasarkan tabel 1 dapat diketahui bahwa metode Mamdani OR merupakan metode terbaik karena nilai MAPE nya paling kecil yaitu 2.56%.

Sistem Inferensi Fuzzy	Nilai MAPE
Mamdani Max	6.74%
Mamdani Sum	6.56%
Mamdani OR	2.56%
TSK	6.08%

Tabel 1. Pemilihan Metode Terbaik Fuzzy



Gambar 6. Plot Data Aktual Terhadap Data Prediksi Metode *Fuzzy Wavelet*

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa titik berwarna hijau merupakan data *output* yang dihasilkan oleh model dan garis hitam merupakan data asli. Dari gambar tersebut dapat diketahui hasil prediksi dari data *test* mendekati data asli pada data ke 150 hingga 250, namun pada sekitar data ke 15 hingga 149 tidak mendekati data asli.

4. Pemilihan Metode Terbaik

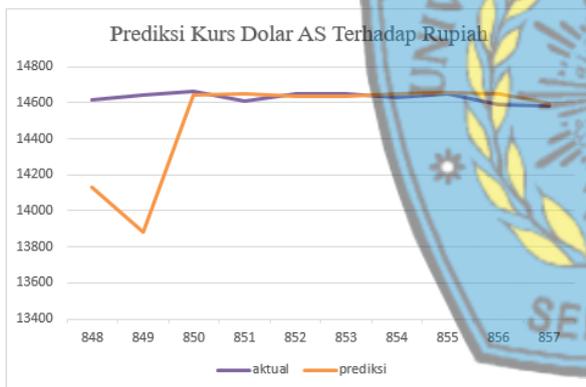
Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui model terbaik yang selanjutnya akan digunakan untuk

meramalkan kurs dolar AS terhadap rupiah adalah metode *backpropagation neural network* karena memiliki nilai MAPE sebesar 0.56%. Metode *backpropagation neural network* memiliki nilai MAPE yang lebih kecil dibandingkan metode *fuzzy wavelet* dengan nilai MAPE sebesar 2.56%.

Metode	Nilai MAPE
<i>Backpropagation Neural Network</i>	0.56%
<i>Fuzzy Wavelet</i>	2.56%

Tabel 2. Nilai MAPE

Gambar 7 menunjukkan grafik perbandingan prediksi kurs dolar AS terhadap rupiah dengan data aktual 10 hari kedepan (data ke 848-857). Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat secara visual bahwa prediksi ke 848 dan prediksi ke 849 memiliki perbedaan yang cukup jauh dengan data aktual, sedangkan prediksi ke 850 hingga prediksi ke 857 mendekati nilai kurs sebenarnya. Hal ini dikarenakan data peramalan ini merupakan data yang baru atau tidak dilakukan pelatihan sebelumnya.



Gambar 7. Plot data aktual terhadap prediksi

KESIMPULAN

1. Pemodelan kurs dolar AS terhadap rupiah menggunakan metode *backpropagation neural network* menggunakan inisialisasi bobot *nguyen widrow* efektif dengan menggunakan arsitektur 2-25-1. Nilai *error* maksimum yang dapat dicapai hingga *epoch* ke 1000 adalah 0.000392. Pemodelan kurs dolar AS terhadap rupiah menggunakan metode *fuzzy wavelet* menggunakan transformasi MODWT dengan level 4 dan himpunan universal $U = [13001.7, 15212.4]$. Data hasil transformasi kurs rupiah terhadap dolar AS dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu rendah, sedang, tinggi.

2. Nilai MAPE yang dihasilkan dari metode *backpropagation neural network* sebesar 0.505%. Sedangkan dengan menggunakan metode *fuzzy mamdani OR* didapatkan nilai MAPE 2.56%. Metode *backpropagation neural network* merupakan metode terbaik karena nilai MAPEnya lebih kecil dari metode *fuzzy wavelet*.
3. Pada hasil prediksi kurs dolar AS terhadap rupiah untuk 10 hari kedepan kurs tertinggi yaitu pada waktu ke 848 sedangkan prediksi kurs terendah yaitu pada waktu ke 857. Sedangkan prediksi kurs dolar terhadap rupiah yang mendekati data sebenarnya yaitu pada waktu ke 855 dengan nilai *error* -12.554 dan prediksi kurs dolar terhadap rupiah yang memiliki perbedaan yang signifikan dengan data sebenarnya yaitu pada waktu ke 856 dengan nilai *error* -122.701.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, Y., dan Wayahdi, M.N. 2014. *Analisis Algoritma Inisialisasi Nguyen-Widrow Pada Proses Prediksi Curah Hujan Kota Medan Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network*. STMIK Potensi Utama Medan.
- Han, Jiawei, et al. 2012. *Data Mining Concepts and Techniques – 3rd Edition*. Waltham: Elsevier.
- Handoko, T. Hani. 1999. *Dasar-Dasar Manajemen Produksi an Operasi*. Yogyakarta : BPFE.
- Hermawan, A. 2006. *Jaringan Saraf Tiruan, Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset.
- Huda, A. 2014. *Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan dalam Memprediksi Harga Saham pada Pasar Modal Indonesia*. Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan, 7(1): 29 – 47.
- Kurniawan, E. 2018. *Implementasi Metode Backpropagation dengan Inisialisasi Bobot Nguyen Widrow untuk Peramalan Harga Saham*. Unniversitas Negeri Semarang.
- Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligent Edisi 2*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. dan Hartati, S. 2010. *Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lesinski, G. et al. 2016. *Application of an Artificial Neural Network to Predict Graduation Success at the United States Military Academy*. Missouri University of Science and Technology Los Angeles.

- Maulidah, S. 2012. *Peramalan (Forecasting) Permintaan. Modul Manajemen Produksi dan Operasi dalam Perusahaan Agraris*. Malang: Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
- Popoola, A. et al. 2004. *A Fuzzy Wavelet Method for Analyzing Non-Stationary Time Series*. University of Surrey : Departement of Computing.
- Prasetyo, Eko. 2012. *Data Mining-Konsep dan Aplikasi Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Andi.
- Puspitaningrum, D. 2006. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset.
- Putri, A. A. 2018. *Peramalan Jumlah Penumpang DAMRI Menggunakan Fuzzy Wavelet Papoola*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Septiawan, R. 2009. *Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Untuk Menentukan Harga Gabah*. Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
- Siang, J. J. 2005. *Jaringan Saraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset.
- Triyono. 2008. *Analisis Perubahan Kurs Rupiah Terhadap Dollar Amerika*. Jurnal Ekonomi Pembangunan Vol 9. No.2 Desember 2008. Hal 156-167. Fakultas Ekonomi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wang, L.X. 1997. *A Course in Fuzzy System and Control*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.
- Widodo, P.P., dan Handayanto, R.T . 2012. *Penerapan Soft Computing Dengan MATLAB*. Bandung: Rekayasa Sains.