

PEMILIHAN *INPUT MODEL REGRESSION ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (RANFIS)* UNTUK KAJIAN DATA IHSG

Sasmita Kartika Sari¹, Tarno², Diah Safitri³

¹Mahasiswa Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Dosen Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

The Jakarta Composite Index (JCI) is one of indexes issued by the Indonesia Stock Exchange (IDX) with its calculation component using all the registered emiten. Several factors affecting the JCI are Dow Jones Index, inflation, and USD/IDR exchange rate. The study used Regression Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (RANFIS) to analyze the affect of predictor variables on the JCI. The role of regression in RANFIS is a preprocessing in the determination of input in ANFIS. The optimum ANFIS model in RANFIS is strongly influenced by three things, they are input determination, membership functions, and rule. The technique of defining rules followed the rule of *genfis1* and *genfis3*. The model accuracy was measured using the smallest RMSE and MAPE. Based on the empirical studies which implemented Dow Jones Index, inflation, and USD/IDR exchange rate as the predictors and JCI as the response, it was obtained that optimum RANFIS model with gauss membership function, the number of cluster 2 with 2 rules generated by *genfis3* produced RMSE in-sample 233.0 and out-sample 301.9, as well as MAPE in-sample 6.5% and out-sample 4.8%. While in regression analysis, it obtained RMSE in-sample 351.27 and out-sample 590.99, as well as MAPE in-sample 9.6% and out-sample 10.2% with violation of assumption. This shows that the result of RANFIS method is better than regression analysis.

Keywords: JCI, regression analysis, neuro fuzzy, RANFIS, *genfis*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan investasi, pasar modal merupakan salah satu alternatif investasi masyarakat Indonesia pada instrumen sekuritas. Menurut Tandelilin, Eduardus (2001) dalam Hadi (2013), pasar modal juga merupakan indikator kemajuan suatu negara. Dalam hal ini, pasar modal berkaitan dengan indeks harga saham. Fabozzi (1999) mengatakan bahwa indeks harga saham memiliki fungsi sebagai patokan dalam melihat keadaan pasar hari ini. Bursa Efek Indonesia (2008) menjelaskan bahwa salah satu macam indeks yaitu Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) yang menggunakan semua emiten tercatat sebagai komponen perhitungan indeks.

Pergerakan dari IHSG dapat mempengaruhi keputusan investor. Menurut Samsul (2006), pergerakan ini dipengaruhi oleh banyak faktor, baik yang bersifat makro maupun mikroekonomi. Faktor makro terbagi menjadi dua yaitu ekonomi dan nonekonomi.

Untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi tersebut, biasanya dilakukan menggunakan analisis regresi. Menurut Montgomery dan Runger (2011), salah satu metode analisis regresi yaitu analisis regresi linear berganda yang merupakan suatu model dimana variabel respon tergantung dengan dua atau lebih variabel prediktor. Salah satu metode untuk menentukan model terbaik dalam analisis regresi linear berganda adalah *stepwise regression*

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, terdapat metode dengan menggunakan sistem pakar yang disebut *Artificial Neural Network (ANN)*. Salah satu bagian dari sistem pakar tersebut yaitu *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* yang merupakan metode yang didasarkan pada *adaptive network* untuk mengimplementasikan *fuzzy inference system* dengan menggunakan sistem *hybrid* (Jang *et al.*, 1997).

Pada Tugas Akhir ini menggunakan metode *Regression Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (RANFIS) untuk menganalisis pengaruh variabel-variabel prediktor terhadap IHSG. Peran regresi dengan menggunakan *stepwise regression* merupakan *preprocessing* dalam RANFIS untuk menentukan variabel *input* dalam ANFIS. Variabel-variabel prediktor yang digunakan dalam proses *preprocessing* yaitu indeks *Dow Jones*, inflasi, dan nilai tukar mata uang (Kurs USD/IDR).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Indeks Harga Saham Gabungan

Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) merupakan indeks yang menggunakan semua emiten tercatat sebagai komponen perhitungannya (Bursa Efek Indonesia, 2008). Samsul (2006) menjelaskan bahwa pergerakan saham dipengaruhi faktor makroekonomi, makro nonekonomi, dan mikroekonomi.

2.2. Indeks Dow Jones

Menurut Fabozzi (1999), indeks *Dow Jones* atau DJIA (*Dow Jones Industrial Average*) dibentuk dari 30 saham perusahaan terbesar dalam industri keping biru (*blue-chip*) yang diperdagangkan dalam NYSE (*New York Stock Exchange*). Samsul (2006) menjelaskan bahwa indeks ini berpengaruh terhadap saham di Indonesia karena eksor Indonesia nomor satu ke Amerika Serikat.

2.3. Inflasi

Inflasi adalah suatu proses kenaikan harga-harga yang berlaku dalam suatu perekonomian (Sukirno, 1994). Samsul (2006) menjelaskan bahwa tingkat inflasi dapat berpengaruh positif maupun negatif tergantung pada derajat inflasi itu sendiri.

2.4. Nilai Tukar Mata Uang (Kurs USD/IDR)

Kurs valuta asing menunjukkan harga atau nilai mata uang suatu negara dinyatakan dalam nilai mata uang negara lain (Sukirno, 1994). Dalam penelitian ini nilai kurs yang digunakan yaitu nilai kurs USD/IDR. Menurut Samsul (2006), kurs memiliki dampak berbeda pada setiap jenis saham yaitu suatu saham dapat terkena dampak positif sedangkan saham lainnya dapat terkena dampak negatif.

2.5. Analisis Regresi Linear Berganda

Suliyanto (2011) menjelaskan bahwa analisis regresi linear berganda merupakan analisis yang digunakan untuk memprediksi satu variabel respon berdasarkan dua atau lebih variabel prediktor.

Menurut Montgomery dan Runger (2011), apabila terdapat variabel prediktor sebanyak k , maka model regresi linear berganda dinyatakan dalam Persamaan (1).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

dengan variabel y_i dinamakan variabel respon, variabel x_{ij} disebut variabel prediktor, β_0 adalah konstanta (*intersept*), dan β_j adalah koefisien regresi atau nilai parameter dengan $i=1, 2, \dots, n$ dan $j=1, 2, \dots, k$.

Dalam analisis ini, harus memenuhi beberapa asumsi seperti normalitas, linearitas, multikolinearitas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi.

2.6. Stepwise Regression

Menurut Ji *et al.* (2010) dalam Latief *et al.* (2013), penggunaan *stepwise regression* umum digunakan dalam analisis data statistik dan direkomendasikan untuk mengatasi masalah multikolinearitas antara variabel *input*. Montgomery dan Runger (2011) menjelaskan bahwa *stepwise regression* merupakan kombinasi *forward-selection* dan *backward-elimination*.

2.7. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Kusumadewi dan Hartati (2006) mengatakan bahwa ANFIS adalah suatu metode yang mana dalam melakukan penyetelan aturan digunakan algoritma pembelajaran terhadap sekumpulan data dan juga memungkinkan aturan-aturan untuk beradaptasi. ANFIS terdiri atas satu lapisan *input*, tiga lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan satu lapisan *output*.

Tarno *et al.* (2013) menjelaskan apabila diberikan dua *input* yang terdiri atas x_1 dan x_2 serta satu *output* berupa \hat{y} , maka terdapat 2 aturan pada basis aturan model Sugeno Orde Satu yaitu

Aturan 1:

IF (x_1 is A_1) and (x_2 is B_1) *THEN* $y_1 = p_{11} x_1 + q_{12} x_2 + r_1$

Aturan 2:

IF (x_1 is A_2) and (x_2 is B_2) *THEN* $y_2 = p_{21} x_1 + q_{22} x_2 + r_2$

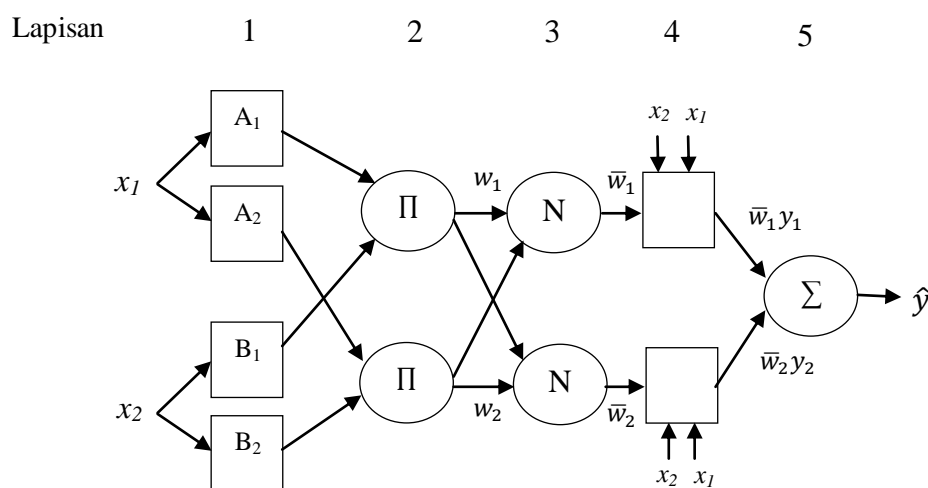
dengan, x_1 is A_1 dan x_2 is B_1 ; x_1 is A_2 dan x_2 is B_2 adalah premis atau nonlinear, sedangkan $y_1 = p_{11} x_1 + q_{12} x_2 + r_1$ dan $y_2 = p_{21} x_1 + q_{22} x_2 + r_2$ adalah konsekuen atau linear. $p_{11}, q_{12}, r_1, p_{21}, q_{22}, r_2$ adalah parameter konsekuen atau linear. A_1, B_1, A_2, B_2 adalah parameter premis atau nonlinear.

Jika derajat pengaktifan (*the firing strength*) setiap aturan adalah w_1 dan w_2 untuk y_1 dan y_2 dengan *output* \hat{y} , maka dapat dihitung

$$\hat{y} = \frac{w_1 y_1 + w_2 y_2}{w_1 + w_2}$$

$$\hat{y} = \bar{w}_1 y_1 + \bar{w}_2 y_2$$

Berdasarkan basis aturan di atas, arsitektur jaringan ANFIS dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan ANFIS

Menurut Jang *et al.* (1997), arsitektur jaringan ANFIS terdiri dari lima lapisan (*layer*) yang memiliki masing-masing fungsi sebagai berikut:

a. Lapisan 1

Setiap neuron pada lapisan pertama adalah adaptif terhadap parameter fungsi aktivasi. *Output* lapisan ini berupa fungsi keanggotaan *input*.

$$\mu_{A_1}(x_1), \mu_{A_2}(x_1), \mu_{B_1}(x_2), \mu_{B_2}(x_2)$$

Misalnya, diberikan fungsi keanggotaan yang diberikan adalah fungsi *Generalized Bell* (Gbell).

$$\mu(x_i) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_i - c_i}{a_i} \right|^b} \text{ dengan } i = 1, 2$$

dengan a, b, c adalah parameter-parameter pada lapisan ini, biasanya b bernilai 1. Parameter-parameter pada lapisan ini disebut dengan parameter premis.

b. Lapisan 2

Setiap neuron pada lapisan kedua berupa neuron tetap yang disimbolkan dengan Π . *Output* lapisan ini berupa hasil dari masukan yang umumnya menggunakan operator AND dalam perhitungan. *Output* setiap neuron dalam lapisan ini menyatakan derajat pengaktifan tiap aturan (*the firing strength of a rule*) yang disimbolkan dengan w_i dari aturan ke- i .

$$w_i = \mu_{A_i}(x) \mu_{B_i}(x), i = 1, 2$$

c. Lapisan 3

Setiap neuron pada lapisan ketiga berupa neuron tetap yang disimbolkan dengan N . *Output* setiap neuron berupa derajat pengaktifan ternormalisasi (*the normalized firing strength*). Disimbolkan dengan \bar{w}_i .

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1, 2$$

d. Lapisan 4

Setiap neuron pada lapisan keempat berupa neuron adaptif. *Output* setiap neuron disimbolkan dengan $\bar{w}_i y_i$.

$$\bar{w}_i y_i = \bar{w}_i (p_{i1} x_1 + q_{i2} x_2 + r_i), i = 1, 2$$

dengan \bar{w}_i adalah *normalized firing strength* pada lapisan ketiga dan p_{i1}, q_{i2}, r_i adalah parameter-parameter pada lapisan keempat. Parameter-parameter pada lapisan keempat dinamakan *consequent parameters* (parameter konsekuen).

e. Lapisan 5

Pada lapisan ini hanya terdapat satu neuron non adaptif yang merupakan jumlahan dari semua masukan dari lapisan keempat.

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^2 \bar{w}_i y_i$$

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^2 \bar{w}_i (p_{i1} x_1 + q_{i2} x_2 + r_i)$$

$$\hat{y} = \bar{w}_1 (p_{11} x_1 + q_{12} x_2 + r_1) + \bar{w}_2 (p_{21} x_1 + q_{22} x_2 + r_2)$$

$$\hat{y} = p_{11} (\bar{w}_1 x_1) + q_{12} (\bar{w}_1 x_2) + \bar{w}_1 r_1 + p_{21} (\bar{w}_2 x_1) + q_{22} (\bar{w}_2 x_2) + \bar{w}_2 r_2$$

2.8. Algoritma Pembelajaran Hybrid

Menurut Jang *et al.* (1997), *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) mengaplikasikan algoritma pembelajaran hibrida (*hybrid*) dalam sistemnya untuk mengidentifikasi parameter. Wijiyanto *et al.* (2012) menjelaskan bahwa algoritma *hybrid* akan mengatur parameter-parameter konsekuen ($p_{11}, q_{12}, r_1, p_{21}, q_{22}, r_2$) secara maju (*forward*) menggunakan metode *least squares* dan mengatur parameter-parameter premis secara mundur (*backward*) menggunakan metode *gradient descent*.

2.9. Ukuran Akurasi

Ariefianto (2012) menjelaskan bahwa ukuran akurasi menunjukkan seberapa besar keakuratan variabel respon yang diprediksi dengan data respon aktual. Ditunjukkan pula, beberapa ukuran akurasi yaitu RMSE (*Root Mean Square Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Prediction Error*) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}$$
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \times 100\%$$

dengan n adalah banyak data pada observasi, \hat{y} adalah *output* pada model (prediksi), dan y adalah data asli atau target *output*.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder. Data tersebut diperoleh dari www.yahoo.finance.com untuk variabel Indeks Harga Saham Gabungan (y) dan DJIA (x_1) serta www.bi.go.id untuk variabel inflasi (x_2) dan kurs USD/IDR (x_3). Data yang digunakan merupakan data bulanan periode Januari 2008 sampai Desember 2016 dengan jumlah data sebanyak 108, dengan *in-sample* sebanyak 86 dan *out-sample* sebanyak 22 data.

3.2. Tahapan Analisis Data

Tahapan analisis data yang dilakukan yaitu membagi data menjadi *in-sample* dan *out-sample*, lalu melakukan *stepwise regression* pada data *in-sample* untuk mendapatkan variabel-variabel prediktor yang signifikan terhadap variabel respon. Selanjutnya, dilakukan analisis menggunakan dua metode yaitu

1. Metode Analisis Regresi

Estimasi parameter model regresi berdasarkan hasil *stepwise regression*, melakukan uji F dan uji t , pengujian asumsi klasik (normalitas, linearitas, heteroskedastisitas, multikolinearitas, dan autokorelasi), menentukan nilai prediksi *in-sample* dan *out-sample* berdasarkan model estimasi yang didapat serta menghitung RMSE dan MAPE.

2. Metode Analisis RANFIS

Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

- Menentukan *input* berdasarkan *preprocessing* data menggunakan *stepwise regression*.
- Mendefinisikan banyaknya *cluster* dan aturan menggunakan *Fuzzy C-Means* dan *grid partition* serta fungsi keanggotaan untuk variabel *input*.
- Melakukan pembangkitan aturan fuzzy IF-THEN untuk menghasilkan variabel *output* berdasarkan *input*, *cluster*, aturan, dan fungsi keanggotaan. Aturan fuzzy IF-THEN menggunakan model Sugeno Orde Satu.
- Melakukan pelatihan *Fuzzy Inference System* (FIS) pada *in-sample* dengan algoritma *hybrid*. Parameter konsekuen diestimasi menggunakan LSE Rekursif dan parameter premis disesuaikan dengan *backpropagation* konsep *gradient descent*.
- Menentukan nilai prediksi pada *in-sample*, serta menghitung RMSE dan MAPE.
- Menentukan nilai prediksi pada *out-sample* berdasarkan hasil pembelajaran pada langkah sebelumnya, serta menghitung RMSE dan MAPE. Model RANFIS yang optimal dapat ditentukan berdasarkan RMSE serta MAPE terkecil pada *in-sample* dan *out-sample*.

Berdasarkan hasil dua metode tersebut, akan dipilih model terbaik melalui tingkat akurasi RMSE dan MAPE terkecil antara metode analisis regresi dan RANFIS Optimal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan Regresi dengan *Stepwise Regression*

Berdasarkan hasil seleksi variabel menggunakan metode *stepwise regression* diperoleh bahwa variabel prediktor yang pertama kali signifikan terhadap variabel respon (IHSG) yaitu DJIA, yang kedua adalah variabel inflasi, dan terakhir adalah variabel kurs, maka dalam estimasi parameter variabel-variabel prediktor yang digunakan yaitu DJIA, inflasi, dan kurs USD/IDR.

4.1.1. Estimasi Parameter

Berdasarkan hasil dari *stepwise regression* diperoleh bahwa model regresi tersebut yaitu regresi linear berganda tiga variabel prediktor dengan nilai parameter untuk variabel *constant* ($\hat{\beta}_0$) adalah 381,982; variabel DJIA ($\hat{\beta}_1$) adalah 0,406; variabel inflasi ($\hat{\beta}_2$) adalah -12634,504; dan variabel kurs ($\hat{\beta}_3$) adalah -0,118. Sehingga, model estimasi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \hat{\beta}_3 x_3$$

$$\hat{y} = 381,982 + 0,406 x_1 - 12634,504 x_2 - 0,118 x_3$$

4.1.2. Analisis Data dengan Regresi Linear Berganda

Berdasarkan estimasi model yang telah diperoleh, dilakukan peramalan sebanyak 22 data ke depan untuk menghitung ukuran akurasi pada data *out-sample*. Akan tetapi, estimasi model yang diperoleh dan hasil peramalan ini termasuk bias karena terdapat asumsi-asumsi yang tidak terpenuhi. Diperoleh hasil dari analisis regresi linear berganda sebagai berikut:

Tabel 1. Rangkuman Analisis Regresi Linear Berganda

Pengujian	Hasil
Uji <i>F</i>	Signifikan
Uji <i>t</i>	$\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3$ signifikan
Uji Normalitas	Terpenuhi
Uji Linearitas	Tidak Terpenuhi
Uji Heteroskedastisitas	Terpenuhi
Uji Multikolinearitas	Terpenuhi
Uji Autokorelasi	Tidak Terpenuhi
RMSE	<i>in-sample</i> = 351,27 <i>out-sample</i> = 590,99
MAPE	<i>in-sample</i> = 9,6% <i>out-sample</i> = 10,2%

4.2. Analisis Data dengan *Regression Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (RANFIS)

Pada proses *preprocessing*, diperoleh bahwa variabel-variabel prediktor yang signifikan adalah DJIA, inflasi, dan kurs USD/IDR. Variabel-variabel prediktor tersebut yang digunakan sebagai *input* dalam proses ANFIS.

Setelah menentukan *input* yang digunakan, langkah awal yang dilakukan yaitu menentukan fungsi keanggotaan, *cluster* dan aturan. Pada penelitian ini, penentuan *cluster* dan aturan menggunakan 2 teknik yaitu *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *grid partition*. Kemudian, dilakukan pelatihan menggunakan algoritma *hybrid* dan menghasilkan RMSE

serta MAPE pada *in-sample* dan *out-sample*. Hasil dari kedua teknik tersebut adalah sebagai berikut :

a. Teknik FCM

Untuk melakukan pembangkitan FIS dengan teknik FCM, digunakan perintah *genfis3* pada MATLAB. Fungsi Keanggotaan (FK) yang digunakan merupakan fungsi *default* yaitu *gauss*. Pada teknik ini, jumlah aturan sama dengan jumlah *cluster* yang ditentukan, maka tidak ada kombinasi dalam pembentukan aturan.

Tabel 2. Ukuran Akurasi Model RANFIS Teknik FCM

Input	Cluster	Aturan	FK	RMSE		MAPE	
				In-Sample	Out-Sample	In-Sample	Out-Sample
DJIA, inflasi, kurs	[2 2 2]	2	Gauss	233,0	301,9	6,5%	4,8%
	[3 3 3]	3		195,8	302,5	4,9%	5,4%

Berdasarkan Tabel 2, disimpulkan bahwa model RANFIS optimal pada teknik FCM yaitu dengan jumlah *cluster* [2 2 2] dan jumlah aturan 2

b. Teknik Grid Partition

Untuk melakukan pembangkitan FIS dengan teknik *grid partition*, digunakan perintah *genfis1* pada MATLAB. Pada teknik ini, untuk setiap aturan yang terbentuk merupakan kombinasi dari tingkat partisi untuk setiap *input*.

Tabel 3. Ukuran Akurasi Model RANFIS Teknik *Grid Partition*

Input	Cluster	Aturan	FK	RMSE		MAPE	
				In-Sample	Out-Sample	In-Sample	Out-Sample
DJIA, inflasi, kurs	[2 2 2]	8	Gbell	119,3	1234,4	3,0%	23,3%
	[3 3 3]	27		55,0	10537	1,1%	115,9%
	[2 2 2]	8	Gauss	128,1	1341,7	1,8%	21,1%
	[3 3 3]	27		53,4	17238	1,2%	283,5%
	[2 2 2]	8	Segitiga	178,7	592,9	4,4%	9,9%
	[3 3 3]	27		59,5	14689	1,4%	200,2%
	[2 2 2]	8	Trape-sium	103,8	1098,9	2,4%	20,8%
	[3 3 3]	27		67,9	1034,2	1,3%	17,2%

Berdasarkan Tabel 3, disimpulkan bahwa model RANFIS optimal pada teknik *grid partition* yaitu pada fungsi keanggotaan segitiga dengan jumlah *cluster* [2 2 2] dan jumlah aturan 8.

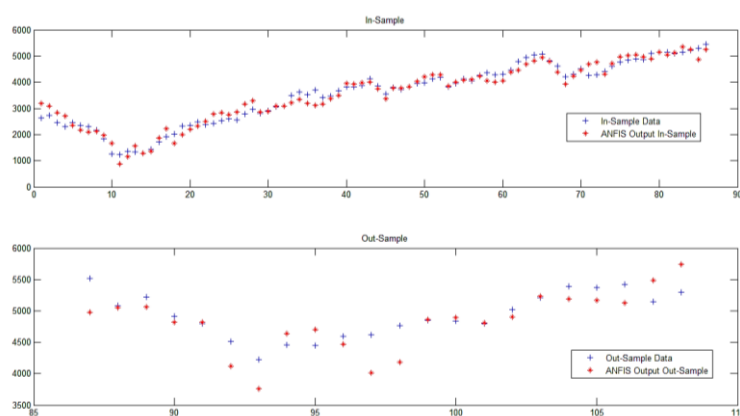
Berdasarkan Tabel 2 dan 3, dilakukan perbandingan model optimal antara RANFIS menggunakan teknik FCM dan teknik *Grid Partition* (GP).

Tabel 4. Perbandingan Ukuran Akurasi Model RANFIS

Teknik	Cluster	Aturan	FK	RMSE		MAPE	
				In-Sample	Out-Sample	In-Sample	Out-Sample
FCM	[2 2 2]	2	Gauss	233,0	301,9	6,5%	4,8%
GP		8	Segitiga	178,7	592,9	4,4%	9,9%

Berdasarkan pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa model RANFIS optimal pada penelitian ini yaitu menggunakan teknik FCM dengan fungsi keanggotaan *gauss*, jumlah *cluster* [2 2 2] dan jumlah aturan 2.

Pada model RANFIS optimal, dapat dilihat plot perbandingan data target dan data *output* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Target dan *Output* RANFIS Optimal

Pemodelan RANFIS optimal menggunakan teknik FCM dengan jumlah cluster [2 2 2], maka terbentuk 2 aturan sebagai berikut:

1. IF (x_1 is A_1) and (x_2 is B_1) and (x_3 is C_1) THEN $y_1 = p_{11} x_1 + q_{12} x_2 + r_{13} x_3 + s_1$
2. IF (x_1 is A_2) and (x_2 is B_2) and (x_3 is C_2) THEN $y_2 = p_{21} x_1 + q_{22} x_2 + r_{23} x_3 + s_2$

dengan, parameter nonlinear atau premis yaitu $A_1, B_1, C_1, A_2, B_2,$ dan C_2 , sedangkan parameter linear atau konsekuen yaitu $p_{11}, q_{12}, r_{13}, s_1, p_{21}, q_{22}, r_{23},$ dan s_2 .

Pada lapisan 1 dalam arsitektur RANFIS terdapat 6 kelompok nilai awal parameter premis, dengan nilai-nilai tersebut akan digunakan untuk proses pembelajaran. Setelah diperoleh nilai awal parameter premis, maka *output* yang dihasilkan pada lapisan pertama adalah fungsi keanggotaan setiap *input* yaitu $\mu_{A_1}(x_1), \mu_{A_2}(x_1), \mu_{B_1}(x_2), \mu_{B_2}(x_2), \mu_{C_1}(x_3),$ dan $\mu_{C_2}(x_3)$. Fungsi keanggotaan tersebut digunakan sebagai *input* pada lapisan 2 yang menghasilkan derajat pengaktifan tiap aturan. Pada RANFIS optimal tersebut memiliki 2 aturan, maka *output* lapisan 2 berupa w_1 dan w_2 . *Output* lapisan 2 digunakan sebagai *input*

pada lapisan 3 yang akan dilakukan normalisasi pada derajat pengaktifan tersebut, maka *output* lapisan 3 berupa \bar{w}_1 dan \bar{w}_2 . *Output* lapisan ini, digunakan sebagai *input* pada lapisan 4 yang akan menghasilkan parameter linear atau konsekuen dari pembelajaran *Least Squares Estimastor* (LSE) Rekursif. Parameter-parameter konsekuen tersebut dapat dilihat pada bentuk linear untuk setiap aturan sebagai berikut :

1. $y_1 = 0,4727 x_1 + 1120 x_2 - 0,3831 x_3 + 1504$
2. $y_2 = -0,01368 x_1 - 16920 x_2 - 0,5075 x_3 + 8889$

Berdasarkan parameter konsekuen yang terbentuk, diperoleh model ANFIS sebagai berikut :

$$\hat{y} = \bar{w}_1(0,4727 x_1 + 1120 x_2 - 0,3831 x_3 + 1504) + \bar{w}_2(-0,01368 x_1 - 16920 x_2 - 0,5075 x_3 + 8889)$$

dengan

$$\bar{w}_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2}$$

$$\bar{w}_2 = \frac{w_2}{w_1 + w_2}$$

$$w_1 = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{x_1 - 15990}{2442} \right)^2 \right\} \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{x_2 - 0,06152}{0,03297} \right)^2 \right\} \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{x_3 - 11300}{1284} \right)^2 \right\}$$

$$w_2 = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{x_1 - 11050}{2715} \right)^2 \right\} \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{x_2 - 0,1011}{0,01582} \right)^2 \right\} \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{x_3 - 9429}{11572} \right)^2 \right\}$$

4.3. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik antara regresi linear berganda dan RANFIS diperoleh berdasarkan RMSE dan MAPE terkecil. Hasil ukuran akurasi pada analisis regresi linear berganda dan RANFIS Optimal dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Ukuran Akurasi Regresi Linear Berganda dan RANFIS Optimal

	RMSE		MAPE	
	<i>In-Sample</i>	<i>Out-Sample</i>	<i>In-Sample</i>	<i>Out-Sample</i>
Regresi	351,27	590,99	9,6%	10,2%
RANFIS Optimal	233,0	301,9	6,5%	4,8%

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh bahwa RMSE dan MAPE RANFIS lebih kecil daripada regresi linear berganda, maka dapat disimpulkan bahwa analisis menggunakan RANFIS lebih baik daripada analisis regresi linear berganda pada Tugas Akhir ini.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variabel-variabel prediktor yang signifikan terhadap pergerakan IHSG melalui *stepwise regression* yaitu yang pertama adalah DJIA, yang kedua adalah variabel inflasi dan terakhir adalah variabel kurs. Maka, variabel-variabel prediktor yang digunakan pada analisis regresi linear berganda dan *input* pada RANFIS yaitu DJIA, inflasi, dan kurs USD/IDR.
2. Implementasi analisis regresi sebagai *preprocessing* pada ANFIS dalam menganalisis IHSG diperoleh bahwa metode RANFIS lebih baik daripada regresi linear berganda. Pada model regresi linear berganda menghasilkan RMSE *in-sample* sebesar 351,27; RMSE *out-sample* sebesar 590,99; MAPE *in-sample* sebesar 9,6%; dan MAPE *out-*

sample sebesar 10,2% dengan terdapat pelanggaran asumsi pada linearitas dan autokorelasi. Sedangkan, model RANFIS optimal yaitu dengan fungsi keanggotaan *gauss*, jumlah *cluster* [2 2 2] dan aturan sebanyak 2 yang dibangkitkan menggunakan *genfis3* menghasilkan RMSE *in-sample* sebesar 233,0; RMSE *out-sample* sebesar 301,9; MAPE *in-sample* sebesar 6,5%; dan MAPE *out-sample* sebesar 4,8%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariefianto, M.D. 2012. *Ekonometrika Esensi dan Aplikasi dengan Menggunakan Eviews*. Jakarta: Erlangga.
- Bursa Efek Indonesia. 2008. *Buku Panduan Indeks Harga Saham Bursa Efek Indonesia*. Jakarta: Bursa Efek Indonesia.
- Fabozzi, F.J. 1999. *Manajemen Investasi*. Diterjemahkan oleh: Tim Penterjemah Salemba Empat. Jakarta: Salemba Empat. Terjemahan dari: Investment Management.
- Hadi, N. 2013. *Pasar Modal Acuan Teoritis dan Praktis Investasi di Instrumen Keuangan Pasar Modal*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Jang, J.S.R., Sun, C.T., dan Mizutani, E. 1997. *Neuro Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. London: Prantice-Hall, Inc.
- Kusumadewi, S., dan Hartati, S. 2006. *Neuro Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Latief, Y., Wibowo, A., dan Isvara, W. 2013. *Preliminary Cost Estimation Using Regression Analysis Incorporated Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. IJTech, No.1: Hal 63-72.
- Montgomery, D.C., dan Runger, G.C. 2011. *Applied Statistics and Probability Engineers*. Fifth Edition. United States of America: John Wiley & Sons.
- Samsul, M. 2006. *Pasar Modal & Manajemen Portofolio*. Jakarta: Erlangga.
- Sukirno, S. 1994. *Makroekonomi Teori Pengantar*. Edisi Ketiga. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Suliyanto. 2011. *Ekonometrika Terapan: Teori & Aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta: ANDI.
- Tarno, Subanar, Rosadi, D., dan Suhartono. 2013. *Analysis of Financial Time Series Data Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. IJCSI Vol.10, Issue 2, No.1: Hal 491-496.
- Wijiyanto, A.N., Kusriani, D.E., dan Irhamah. 2012. *Peramalan Nilai Kontrak Konstruksi PT 'X' dengan Menggunakan Pendekatan Regresi Time Series dan ANFIS*. Jurnal Sains dan Seni ITS Vol.1, No.1: Hal D201-D206.