

# Penggunaan Model ELFIS dan Sistem Neuro Fuzzy Untuk Memprediksi Pasar Saham

Alexander Sukono - 13513023  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
alexander.sukono@gmail.com

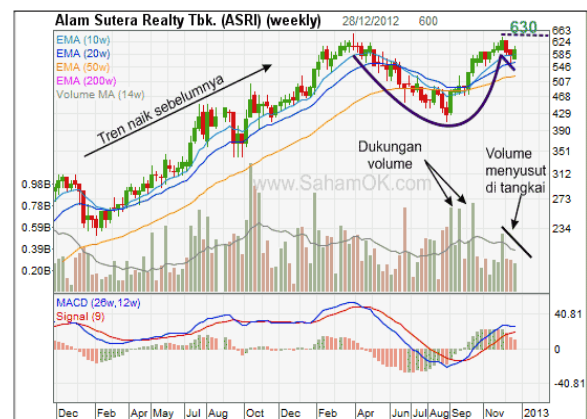
**Abstrak**— Makalah ini menjelaskan tentang sistem *neuro fuzzy* secara singkat dan pembelajaran emosional dalam memprediksi tren saham. *Neuro fuzzy* merupakan kombinasi dari 2 sistem, yaitu *fuzzy logic* atau logika samar dan *artificial neural network* (ANN) atau jaringan saraf tiruan. Logika *fuzzy* adalah suatu proses pengambilan keputusan yang berdasar pada aturan untuk memecahkan suatu masalah yang sulit dimodelkan atau terdapat ketidakjelasan. Jaringan saraf tiruan adalah sistem komputasi yang operasi dan arsitekturnya dibuat serupa atau diilhami dari pengetahuan tentang sel saraf di dalam otak. Sedangkan, tren adalah suatu pola yang berulang, jadi tren saham adalah suatu pola pergerakan harga saham yang biasa digunakan dan dipelajari dalam analisis teknikal saham. Makalah ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai prediksi pasar saham berdasarkan analisis yang menggunakan model ELFIS dan sistem *neuro fuzzy*.

**Kata Kunci**— *Neuro fuzzy*, logika *fuzzy*, *artificial neural network* (ANN), prediksi pasar saham, ELFIS

## I. PENDAHULUAN

Memprediksi masa depan dari dulu sudah menjadi masalah yang menarik untuk diperbincangkan. Memprediksi perubahan harga pasar dan membuat keputusan yang tepat adalah salah satu kebutuhan yang sangat krusial bagi para investor. Biasanya investor membeli saham untuk mendapatkan dividen atau pembagian keuntungan kepada pemegang saham berdasarkan jumlah saham yang dimiliki, dengan membeli suatu saham dengan harga murah dan menjualnya dengan harga yang lebih tinggi. Seseorang sebagai investor dituntut untuk memiliki keahlian dalam menganalisis saham yang berpotensi memberikan keuntungan bagi pemilik saham. Oleh karena itu, memprediksi pergerakan saham tidaklah mudah, karena ada banyak sekali faktor yang memengaruhi, dan banyak yang tidak sepenuhnya dimengerti, pemodelan secara non-linear diperlukan. Pada makalah ini akan dibahas aplikasi sistem *neuro fuzzy* dalam memprediksi pasar saham, setelah dilakukan percobaan, hasil ketelitian prediksi yang dilakukan hampir mencapai 99%. Secara garis besar, ada 2 teknik dalam menganalisis potensi saham, yaitu analisis teknikal dan analisis fundamental. Yang akan dibahas pada makalah ini adalah analisis

teknikal yang menganalisis pergerakan saham dalam bentuk grafik. Sistem *neuro fuzzy* dapat digunakan untuk menganalisis ketidakpastian dan pengenalan emosi, karena jaringan saraf tiruan mempunyai kemampuan untuk beradaptasi terhadap data yang baru, dan di sisi lain logika *fuzzy* mempunyai kemampuan untuk menangani data numerik dan linguistik secara bersamaan, tetapi tidak mempunyai kemampuan belajar dan adaptasi yang sangat penting dalam perkembangan pergerakan saham yang dinamis. Oleh karena itu, dibuat sistem *neuro fuzzy* untuk menutupi kelemahan dari logika *fuzzy*.



Gambar 1 : Pergerakan saham ASRI tahun 2012-2013<sup>[1]</sup>

## II. DASAR TEORI

Dasar ilmu yang dipakai dalam makalah ini adalah masuk dalam kategori logika atau matematika diskrit, yaitu logika *fuzzy*, jaringan saraf tiruan, dan pemodelan *neuro fuzzy*.

### 2.1 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Logika *fuzzy* adalah suatu proses pengambilan keputusan yang berdasar pada aturan untuk memecahkan suatu masalah yang sulit dimodelkan atau terdapat ketidakjelasan. Sistem logika *fuzzy* terdiri dari himpunan *fuzzy* dan aturan *fuzzy*. *Subset fuzzy* merupakan himpunan bagian yang terdiri dari

variabel *input* dan *output*. Aturan *fuzzy* berhubungan dengan variabel masukan dan keluaran melalui *subset*. Contoh permasalahan :

Pada himpunan tegas, nilai keanggotaan suatu barang  $x$  dalam suatu himpunan  $S$ , yang sering ditulis dengan  $(X)$ , memiliki dua kemungkinan, yaitu :

1. Satu (1), yang berarti suatu barang menjadi anggota dalam suatu himpunan.
2. Nol (0), yang berarti suatu barang tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Contoh :

Misalkan variabel tinggi badan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

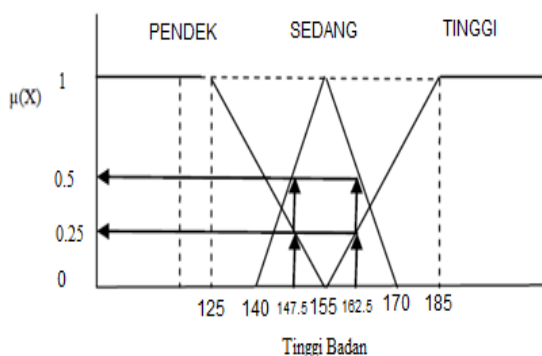
PENDEK      tinggi badan < 140 cm  
 SEDANG      140 cm ≤ tinggi badan ≤ 170 cm  
 TINGGI      tinggi badan > 170 cm

Dari kategori diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Apabila seseorang mempunyai tinggi badan 130 cm, maka ia dikatakan PENDEK ( $(130) = 1$ )
2. Apabila seseorang mempunyai tinggi badan 140 cm, maka ia dikatakan TIDAK PENDEK ( $(140) = 0$ )
3. Apabila seseorang mempunyai tinggi badan 139,9 cm, maka ia dikatakan TIDAK PENDEK ( $(139,9) = 0$ )
4. Apabila seseorang mempunyai tinggi badan 140 cm, maka ia dikatakan SEDANG ( $(140) = 1$ )
5. Apabila seseorang mempunyai tinggi badan 130 cm, maka ia dikatakan TIDAK SEDANG ( $(130) = 0$ )
6. Apabila seseorang mempunyai tinggi badan 170 cm, maka ia dikatakan SEDANG ( $(170) = 1$ )
7. Apabila seseorang mempunyai tinggi badan 139,9 cm, maka ia dikatakan TIDAK SEDANG ( $(139,9) = 0$ )

Dari sini dapat dikatakan bahwa pemakaian himpunan tegas untuk menyatakan tinggi badan sangat tidak adil. Adanya perubahan kecil saja pada suatu nilai mengakibatkan perbedaan kategori yang sangat signifikan.

Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut. Seseorang dapat masuk dalam dua himpunan yang berbeda, PENDEK dan SEDANG, SEDANG dan TINGGI. Seberapa besar keberadaan dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai keanggotaannya.



Gambar 2 : Grafik fuzzy tinggi badan

Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa :

1. Seseorang yang mempunyai tinggi badan 147,5 cm, termasuk dalam himpunan PENDEK ( $(147,5) = 0,25$ ); namun dia juga termasuk dalam himpunan SEDANG ( $(147,5) = 0,5$ ).
2. Seseorang yang mempunyai tinggi badan 162,5 cm, termasuk dalam himpunan TINGGI ( $(162,5) = 0,25$ ); namun dia juga termasuk dalam himpunan SEDANG ( $(162,5) = 0,5$ ).

Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar. Misalnya, jika nilai keanggotaan bernilai suatu himpunan *fuzzy* tinggi badan adalah 0,9. Maka tidak perlu dipermasalahakan seberapa seringnya nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir pasti pendek.

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu :

1. Numerik, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel
2. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : PENDEK, SEDANG, TINGGI.

## 2.2 artificial neural network (ANN)

Jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*) diduga bermula pada makalah Waffen McCulloch dan Walter Pitts pada tahun 1943. Makalah mereka berawal dari mencoba untuk memformulasikan model matematis dari sel-sel otak. Jaringan saraf tiruan adalah sistem komputasi yang operasinya berakar dari pengetahuan tentang sel saraf di dalam otak. Jaringan saraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran otak manusia. Jaringan saraf tiruan dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi aproksimasi non-linear, klasifikasi data *cluster* dan regresi non-parametrik.

Jaringan saraf tiruan terdiri atas beberapa elemen penghitung tak linier yang dihubungkan oleh pembobot dan tersusun secara paralel. Pembobot ini yang nantinya akan beradaptasi selama proses pelatihan.

Pelatihan perlu dilakukan pada suatu jaringan saraf tiruan sebelum digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah. Ada banyak algoritma pembelajaran jaringan saraf tiruan yang tersedia. Untuk mengetahui lebih lanjut disarankan membaca artikel lain yang berhubungan.

Cara belajar jaringan saraf tiruan dapat dirincikan sebagai berikut:

Ke dalam jaringan dimasukkan informasi yang sebelumnya telah diketahui hasil keluarannya. Pemasukkan informasi ini dilakukan lewat *node-node*. Bobot antar koneksi dalam suatu arsitektur diberi nilai awal dan kemudian jaringan saraf tiruan tersebut dijalankan. Bobot-bobot ini digunakan untuk belajar dan mengingat bagi jaringan tersebut. Pengaturan bobot dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh keluaran yang

diinginkan.

Aturan pembelajaran dari teknik/algorithm jaringan saraf tiruan terdiri dari 4 tipe, yaitu :

1. Aturan pengoreksian *error*
2. Aturan pembelajaran Boltzmann
3. Aturan Hebbian
4. Aturan pembelajaran kompetitif

### 2.3 Model Neuro Fuzzy

Model *neuro fuzzy* terdiri dari jaringan neuron yang bekerja dengan memasukkan vektor, bobot vektor yang sesuai dengan memasukkan vektor, fungsi transfer, bias skalar, dan sebuah keluaran vektor. Jaringan saraf tiruan terdiri dari satu atau lebih neuron di masing-masing lapisan. Dan pada lapisan terakhir disebut *output layer*, dan semua lapisan sebelumnya disebut *hidden layer*. Fungsi operasi dari sebuah neuron mengubah masukan menjadi keluaran. Deskripsi matematika dari model *neuro fuzzy* yang paling umum akan dijelaskan di bagian ini. Sistem inferensi *fuzzy* dibangun oleh aturan-aturan *fuzzy* seperti ini

$$\text{Rule : Jika } u_1 = A_{i1} \text{ dan ... dan } u_p = A_{ip} \text{ maka } \hat{y} = f_i(u_1, u_2, \dots, u_p) \dots \dots \dots (1)$$

dimana  $i = 1.. M$  dan  $M$  adalah jumlah aturan *fuzzy*,  $u_1..u_p$  adalah masukan dari jaringan, setiap  $A_{ij}$  melambangkan himpunan *fuzzy* untuk masukan  $u_j$  dalam aturan  $i$  dan  $f_i$  adalah fungsi tegang yang didefinisikan sebagai kombinasi linear dari masukan-masukkan dalam kebanyakan aplikasi.

$$\hat{y} = \omega_{i0} + \omega_{i1} u_1 + \omega_{i2} u_2 + \dots + \omega_{ip} u_p \dots \dots \dots (2)$$

Bentuk matriks :  $\hat{y} = a^T(u).W$

Jadi, keluaran dari model dapat dihitung dengan

$$\hat{y} = \frac{\sum_{i=1}^M f_i(u) \mu_i(u)}{\sum_{i=1}^M \mu_i(u)} ; \mu_i(u) = \prod_{j=1}^p \mu_{ij}(u_j) \dots \dots (3)$$

dimana  $\mu_{ij}(u_j)$  adalah fungsi keanggotaan dari masukan ke- $j$  dalam aturan ke- $i$  dan  $\mu_i(u)$  adalah derajat kesahihan dari aturan ke- $i$ . Sistem ini dapat diformulasikan dalam suatu realisasi fungsi basis. Fungsi basis akan menjadi

$$\phi_i(u) = \frac{\mu_i(u)}{\sum_{j=1}^M \mu_j(u)} \text{ sebagai hasil } \sum_{j=1}^M \phi_j(u) = 1 \dots \dots \dots (4)$$

Model *neuro fuzzy* mempunyai dua parameter yang dapat diatur, pertama adalah parameter yang mendahului, yang dimiliki oleh fungsi masukan keanggotaan seperti deviasi Gaussians, kedua adalah parameter akibat aturan. Interpretasi linguistik untuk menentukan parameter yang mendahului biasanya sudah cukup. Akan tetapi, dapat juga menggunakan metode non-linear yang lebih efektif untuk mengoptimisasi semua parameter tersebut bersama. Algoritma berdasarkan gradien dapat digunakan untuk optimisasi dari parameter linear akibat. Pembelajaran yang diawasi bertujuan untuk mengurangi fungsi kerugian berikut :

$$J = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y(i) - \hat{y}(i))^2 \dots \dots \dots (5)$$

dimana  $N$  adalah jumlah sampel data. Berdasarkan bentuk matriks dari fungsi (2) fungsi ini dapat dijabarkan dalam bentuk kuadrat

$$J = W^T R W - 2 W^T P + Y^T Y N \dots \dots \dots (6)$$

dimana  $R = (1/N) A^T A$  adalah matriks autokorelasi,  $A$  adalah  $N \times p$  matriks solusi yang baris ke- $i$  nya adalah  $a(u(i))$  dan  $P = (1/N) A^T y$  adalah  $p$  vektor korelasi dimensional *cross*. Dari

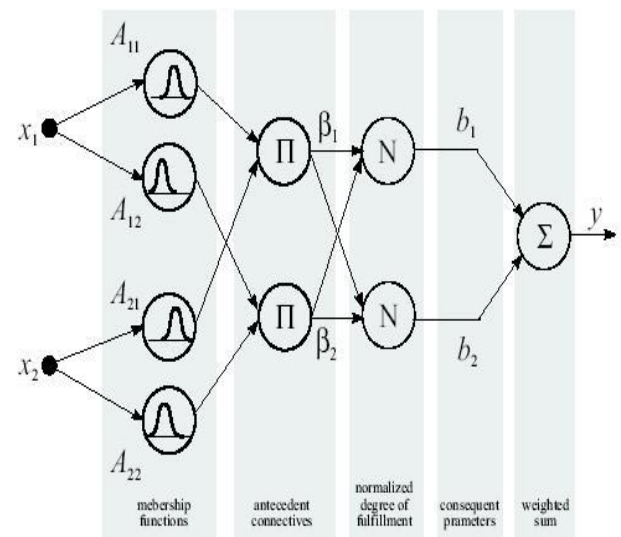
$$\frac{\partial J}{\partial W} = 2W - 2P = 0 \dots \dots \dots (7)$$

$W$  didefinisikan oleh kalkulasi invers semu. Salah satu teknik optimisasi non-linear lokal adalah *steepest descent*. Dalam metode ini perubahan arah dalam parameter akan berlawanan dengan gradien dari fungsi biaya

$$\Delta W(i) = \frac{\partial J}{\partial W(i)} = 2P - 2RW(i) \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{dan } W(i+1) = W(i) + \eta \cdot \Delta W(i) \dots \dots \dots (9)$$

dimana  $\eta$  adalah laju pembelajaran. Teknik optimisasi non-linear lain juga dapat digunakan. Beberapa algoritma pembelajaran lanjutan yang sudah menggunakan optimisasi parameter dalam sistem inferensi *fuzzy*, seperti ASMOD (*Adaptive B-Spline modeling of observation data*), ANFIS (*Adaptive Network Based Fuzzy Inference System*) dan FUREGA (*Fuzzy Rule Extraction By Genetic Algorithm*).



Gambar 3 : Struktur jaringan dari model neuro fuzzy<sup>[4]</sup>

### III. METODE ANALISIS ELFIS DAN APLIKASINYA PADA INDEKS SAHAM

Pada bagian ini, akan dibahas mengenai ELFIS (*Emotional Learning Fuzzy Inference System*) dan contoh aplikasinya dalam memprediksi pasar saham

### 3.1 ELFIS (Emotional Learning Fuzzy Inference System)

Metode *Emotional Learning* adalah algoritma yang dikembangkan untuk mengurangi kompleksitas dari komputasi dalam memprediksi masalah dengan tujuan yang khusus. Alasan utama menggunakan emosi dalam memprediksi adalah untuk mengurangi kesalahan prediksi. Mencari formulasi yang cocok untuk emosi tidak selalu mungkin, Fungsi kerugian didefinisikan dalam basis sinyal emosi. Bentuk sederhananya :

$$J = \frac{1}{2} K \sum_{i=1}^N es(i)^2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

dimana es(i) adalah sinyal emosi kepada sampel data ke - i, dan K adalah matrix berbobot. Proses belajar adalah mengatur bobot dari model yang dimaksudkan untuk optimisasi metode non-linear, contohnya : *steepest descent*. Dengan *steepest descent*, bobotnya diatur oleh persamaan berikut :

$$\Delta\omega = -\eta \frac{\partial J}{\partial \omega} \quad \dots\dots\dots (11)$$

dimana  $\eta$  adalah laju proses belajar dari pengontrol *neuro fuzzy* yang bersangkutan dan bagian tangan kanan dapat dihitung dengan aturan rantai :

$$\frac{\partial J}{\partial \omega} = \frac{\partial J}{\partial es} \cdot \frac{\partial es}{\partial y} \cdot \frac{\partial y}{\partial \omega} \quad \dots\dots\dots (12)$$

dari persamaan (10) :

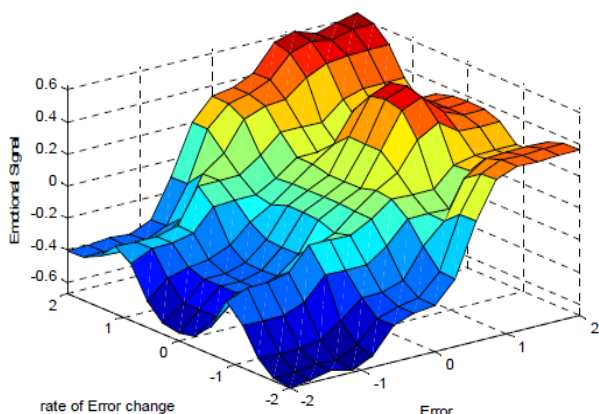
$$\frac{\partial J}{\partial es} = K \cdot es \text{ dan } \frac{\partial y}{\partial \omega} \text{ dapat diturunkan dari persamaan (3)}$$

Dengan berbagai penurunan, persamaan (11) akan menjadi :

$$\Delta\omega = -K \cdot \eta \cdot es \cdot \frac{\partial y}{\partial \omega} = -K \cdot \eta \cdot es \cdot \frac{\sum_{i=1}^M ui \mu_i(u)}{\sum_{i=1}^M \mu_i(u)} \dots\dots (13)$$

### 3.2 IMPLEMENTASI DALAM MEMREDIKSI PASAR SAHAM

Dalam bagian ini akan diimplementasikan model *neuro fuzzy* dengan mengambil data Indeks Bursa Saham Tehran / Tehran Stock Exchange Indexes (TEPIX) sebagai



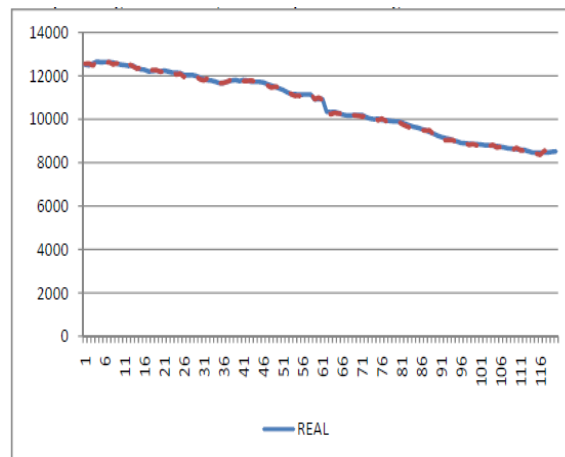
Gambar 4 : Keluaran permukaan dari sistem inferensi linguistik fuzzy<sup>[4]</sup>

contoh. TEPIX adalah Bursa Saham yang dipakai di Iran. Metode perhitungan yang dipakai di TEPIX adalah :

$$TEPIX = \frac{\sum Pit Cit}{\sum Pib Cit} (Base - Value) \dots\dots\dots (14)$$

dimana Pit dan Pib merepresentasikan harga pasar dari perusahaan i, berturut-turut pada saat waktu t dan C menunjukkan total jumlah saham.

Dalam penelitian ini, algoritma *emotional learning* di aplikasikan ke jaringan untuk memprediksi indeks saham. Untuk kasus ini dapat menggunakan definisi sinyal emosi yang bervariasi, sebagai fungsi dari kesalahan prediksi dan diferensial dari kesalahan. Di sini sinyal emosi diambil sebagai keluaran dari sistem *fuzzy* linguistik dengan kesalahan dan perubahan laju kesalahan sebagai masukan. Fungsi keanggotaan Gaussian digunakan untuk masing-masing masukan. Gambar 4 menunjukkan gambar yang dihasilkan dengan sistem inferensi linguistik *fuzzy*.



Gambar 5 : Hasil Prediksi TEPIX dengan ELFIS<sup>[4]</sup> (Emotional Learning Fuzzy Inference System)

Dapat dilihat dari gambar 5, ketelitian dari prediksi TEPIX hampir mencapai 99%, tapi tidak selalu prediksi hampir tepat, karena pergerakan indeks saham sangat dinamis dan bergantung dari proses pembelajaran algoritma tersebut.

Tabel 1 memuat perbandingan dari kualitas prediksi indeks saham metode ELFIS dengan metode yang lain seperti ANFIS dan MLP. Hasilnya didapatkan dengan mempertimbangkan neuron optimal di *hidden layer*, dan waktu komputasinya. Dapat dilihat algoritma *emotional learning* menyediakan prediksi yang lebih akurat dengan kompleksitas yang lebih rendah

	Spesifikasi	Waktu Komputasi	NMSE
MLP	39 neuron pada <i>hidden layer</i>	6,65 detik	0.035
ANFIS	14 aturan	12,93 detik	0.037

	neuron		
<b>ELFIS</b>	11 aturan	1,84 detik	0.035
	<i>neuro fuzzy</i>		

Tabel 1: Perbandingan model *neuro fuzzy* pada prediksi indeks saham<sup>[4]</sup>

\*NMSE : Normalized Mean Square Error

#### IV. KESIMPULAN

Makalah ini menjelaskan tentang pemakaian sistem *neuro fuzzy*, khususnya model ELFIS (*Emotional Learning Fuzzy Interference System*) untuk memprediksi pasar saham dengan menggabungkan ELFIS dengan sistem inferensi *neuro fuzzy*. Pada tahap awal ELFIS diadopsi untuk mengembangkan bobot sistem *neuro fuzzy* dan melatih jaringannya. ELFIS adalah sistem intelijen yang mempelajari dari pengalaman masa lampau dan menaruh pengetahuan ini untuk pengambilan keputusan yang akan datang. Keuntungan dari penggunaan ELFIS adalah adaptasi yang bagus terhadap masalah non-linear dan akurasi yang tinggi. Hasil analisis menunjukkan ELFIS dapat mengikuti fluktuasi dari nilai pasar saham dan menghasilkan prediksi yang akurat.

#### V. PENGAKUAN

Alexander Sukono, sebagai penulis dari makalah ini, ingin menyampaikan ucapan syukur yang setinggi-tingginya kepada Tuhan YME atas berkat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan makalah ini. Dan juga ingin memberikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Dra Harlili, M.Sc dan Dr.Ir. Rinaldi Munir, M.T. atas bimbingannya sehingga penulis dapat mengerti konsep-konsep Matematika Diskrit, dan semua orang yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam berbagai bentuk untuk menyelesaikan makalah ini.

#### REFERENSI

- [1] <http://satriaileh.blogspot.com/2013/04/sekuritas-analisis-teknikal.html>, diakses pada tanggal 7 Desember 2014 pukul 17.10
- [2] <http://informatika.web.id/logika-fuzzy.htm>, diakses pada tanggal 7 Desember 2014 pukul 19.23
- [3] Hermawan, A. (2006). Jaringan Syaraf Tiruan Teori dan Aplikasi. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [4] Madhousi, M., Namdar, A. (2012), Forecasting stock exchange market using hybrid neuro fuzzy model, The 6th International Conference on Fuzzy Information and Engineering
- [5] <http://www.learnartificialneuralnetworks.com/>, diakses pada tanggal 8 Desember 2014 pukul 17.34
- [6] Agrawal, S., Jindal, M., Pillai, G. (2012), Momentum Analysis base Stock Market Prediction using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)
- [7] <http://ilmuprabowo.wordpress.com/2010/11/08/sistem-neuro-fuzzy/>, diakses pada tanggal 8 Desember 2014 pukul 21:12
- [8] Yogta Wipogso, S. "Perancangan Dan Implementasi Neuro-Fuzzy Predictive Berbasis Real Time Untuk Pengaturan Temperatur Pada Furnace" <[http://digilib.its.ac.id/public/ITS\\_Undergraduat10970-Paper.pdf](http://digilib.its.ac.id/public/ITS_Undergraduat10970-Paper.pdf)>

#### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 8 Desember 2014



Alexander Sukono - 13513023