

Penerapan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Untuk Sistem Pengambilan Keputusan Distribusi Obat pada Sistem Informasi Terintegrasi Puskesmas dan Dinas Kesehatan

Anang Tjahjono, Entin Martiana, Taufan Harsilo Ardhinata
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya
anang_tj@eepis-its.edu, entin@eepis-its.edu, taufan.ardhi@live.com

Abstract

This project is an application to realize a system that capable of providing data and information between levels of health centers clinic and health center department in the district/municipality. Data from the system that created dug deeper to find out the prediction of drug distribution in the future. The system to be built is the system that is able to predict the level of the drug needs that will happen in time (month/year) that you want based on the data of time (month/year) earlier. For example: data about the need for medicine at a local clinic is the data in 2009, then this data are used for input materials for ANFIS system. The ANFIS system will search the best function to predict the drugs needs in year 2010. Furthermore, the output is used as the data in 2010. The data output as prediction will be matched with actual data, whether the resulting function of ANFIS system has a small error. If so, then the function obtained is optimal.

Keyword: Time Series Prediction, neural network, ANFIS.

1. Pendahuluan

Ketersediaan data dan informasi yang akurat, komprehensif dan mutakhir akan diperoleh jika memiliki Sistem Informasi Kesehatan yang mampu mengelola data dan informasi yang terintegrasi mulai dari tingkat Kecamatan (Puskesmas), Kabupaten/Kota, Propinsi sampai Nasional.

Penelitian ini (Penerapan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) untuk Sistem Pengambilan Keputusan Distribusi Obat Pada Sistem Informasi Terintegrasi Puskesmas Dan Dinas Kesehatan/Kotamadya) merupakan salah satu bentuk aplikasi untuk mewujudkan sebuah sistem yang mampu menyediakan data dan informasi yang dibutuhkan untuk tujuan diatas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sistem berbasis komputerisasi kepada masyarakat di level bawah yaitu puskesmas dan

terintegrasi dengan level atas yaitu Dinas Kesehatan Kota/Kabupaten.

Setelah data pasien dan data medis terkumpul dari masing-masing puskesmas, data di sentralisasi ke aplikasi yang berada di level Dinas Kesehatan Kabupaten dan akhirnya diambil keputusan berdasarkan data tersebut menggunakan metode Neuro-Fuzzy (ANFIS) bagaimana distribusi obat yang tepat di masing-masing daerah. Hal ini akan membantu keputusan distribusi obat yang dilakukan Dinas Kesehatan Kabupaten/Kotamadya sehingga tepat sasaran ke daerah/puskesmas yang membutuhkan. Pada penelitian ini akan menggabungkan kemampuan jaringan neural dan sistem fuzzy yang disebut neuro-fuzzy untuk melakukan proses peramalan data time series dengan data penggunaan obat pada masing-masing puskesmas di kabupaten Gresik.

Sistem fuzzy memiliki keunggulan dalam memodelkan aspek kualitatif dari pengetahuan manusia dan proses pengambilan keputusan (reasoning) sebagaimana dilakukan oleh manusia dengan menerapkan basis aturan atau basis kaidah. Sistem fuzzy dapat mengatasi kesulitan dalam melukiskan suatu sistem fisis yang kompleks dan sukar dimodelkan secara matematis. Informasi yang digunakan oleh sistem fuzzy adalah pengetahuan kualitatif tentang sistem dengan sarana linguistik. Karena terdiri dari basis aturan dan label linguistik sebagaimana dalam kehidupan manusia, sistem fuzzy secara intuitif mudah dipahami oleh manusia. Tingkat kehandalan sistem fuzzy sangat bergantung kepada aturan yang digunakan dalam basis kaidah.

2. ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System)

Jaringan neural adalah struktur jaringan dimana keseluruhan tingkah laku masukan-keluaran ditentukan oleh sekumpulan parameter-parameter yang dimodifikasi. Salah satu struktur jaringan neural adalah multilayer perceptrons (MLP). Jenis jaringan ini khusus bertipe umpan maju. MLP telah diterapkan dengan melatihnya menggunakan algoritma propagasi balik dari kesalahan atau error backpropagation (EBP).

Selanjutnya, sistem fuzzy dapat melukiskan suatu sistem dengan pengetahuan linguistik yang mudah dimengerti. Sistem inferensi fuzzy dapat ditala dengan algoritma propagasi balik berdasarkan pasangan data masukan-keluaran menggunakan arsitektur jaringan neural.

Menurut Jang (1997:226) jaringan neural adalah struktur jaringan dimana keseluruhan tingkah laku masukan-keluaran ditentukan oleh sekumpulan parameter-parameter yang dimodifikasi. Salah satu struktur jaringan neural adalah *multilayer perceptrons* (MLP). Jenis jaringan ini khusus bertipe umpan maju. MLP telah diterapkan dengan sukses untuk menyelesaikan masalah-masalah yang sulit dan beragam dengan melatihnya menggunakan algoritma propagasi balik dari kesalahan atau *error backpropagation* (EBP).

Selanjutnya, sistem fuzzy dapat melukiskan suatu sistem dengan pengetahuan linguistik yang mudah dimengerti. Sistem inferensi fuzzy dapat ditala dengan algoritma propagasi balik berdasarkan pasangan data masukan-keluaran menggunakan arsitektur jaringan neural. Dengan cara ini memungkinkan sistem fuzzy dapat belajar. Menurut Jang (1997:1,458) Gabungan sistem fuzzy dengan jaringan neural ini biasa disebut dengan neuro-fuzzy.

Menurut Rahmat (2000:6) ada dua macam struktur neuro-fuzzy yaitu:

- Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS)
- Modified Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (Mod_ANFIS)

Sistem neuro-fuzzy yang digunakan pada penelitian ini berstruktur ANFIS. Termasuk dalam kelas jaringan neural namun berdasarkan fungsinya sama dengan system inferensi fuzzy. Pada neuro-fuzzy, proses belajar pada jaringan neural dengan sejumlah pasangan data berguna untuk memperbaharui parameter-parameter system inferensi fuzzy.

3. Proses Belajar ANFIS (algoritma belajar hibrida)

Menurut Jang (1997:340) ANFIS dalam kerjanya mempergunakan algoritma belajar hibrida yaitu menggabungkan metode *Least-Squares Estimator* (LSE) dan *Error Back-Propagation* (EBP). Dalam struktur ANFIS metode EBP dilakukan di lapisan ke-1, sedangkan metode LSE dilakukan ke lapisan ke 4.

Pada lapisan ke-1 parameternya merupakan parameter dari fungsi keanggotaan himpunan fuzzy sifatnya *non-linier* terhadap keluaran system. Proses belajar pada parameter ini menggunakan metode EBP untuk memperbaharui nilai parameternya. Sedangkan pada lapisan ke-4, parameter merupakan parameter *linier* terhadap keluaran sistem, yang menyusun basis kaidah fuzzy. Proses belajar untuk memperbaharui parameter di lapisan ini menggunakan metode LSE.

Menurut Jang (1997:340) secara keseluruhan proses belajar pada ANFIS dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 1. Proses belajar ANFIS [2]

	<i>Arah maju</i>	<i>Arah mundur</i>
<i>Parameter premis</i>	Tetap	EBP
<i>Parameter konsekuen</i>	<i>Least-squares estimator</i>	Tetap
<i>Sinyal</i>	Keluaran simpul	Sinyal kesalahan

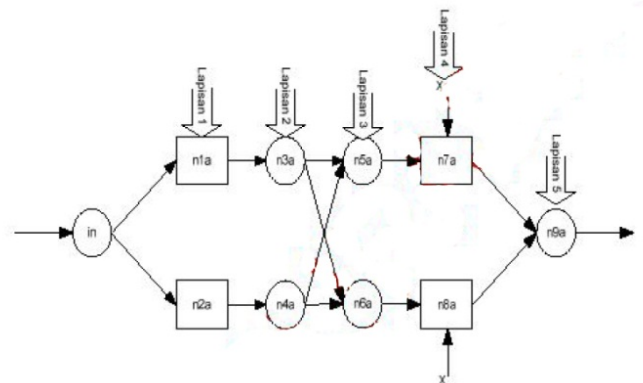
4. Struktur Sistem Peramalan Dengan ANFIS

Untuk proses peramalan time series forecasting kebutuhan obat sesuai Penelitian ini digunakan arsitektur ANFIS 1 masukan dan 1 keluaran. Pada peramalan dengan metode ANFIS terbagi menjadi 3 proses yaitu: proses Inisialisasi awal, proses pembelajaran (*learning*), dan proses peramalan. Penentuan periode input dan periode training dilakukan saat inisialisasi awal dimana tiap-tiap periode input memiliki pola atau *pattern* yang berbeda. Data yang digunakan untuk proses pembelajaran (*training*) terdiri dari data input, parameter ANFIS, dan data test yang berada pada periode training ANFIS.

Training dengan ANFIS menggunakan algoritma belajar hibrida, dimana dilakukan penggabungan metode *Least-squares estimator* (LSE) pada alur maju dan *error backpropagation* (EBP) pada alur mundur. Pada algoritma belajar ini nilai parameter premis akan tetap saat alur maju, namun sebaliknya parameter konsekuen akan terupdate saat alur maju.

5. ANFIS Alur Maju

Proses alur maju dari sebuah system ANFIS yang terdiri dari beberapa layer. Pada layer pertama data input pada masing masing periode akan dilakukan proses fuzzyfikasi. Proses ini adalah untuk memetakan inputan data kedalam himpunan fuzzy sesuai dengan klasifikasi yang dipilih (pada penelitian ini hanya menggunakan dua jenis himpunan fuzzy yaitu: tinggi dan rendah).



Gambar 1. Blok diagram alur maju ANFIS untuk time

series forecasting 1 input

Dalam proses ini inputan akan dilakukan perhitungan fungsi keanggotaan fuzzy untuk mentransformasi masukan himpunan klasik (*crisp*) ke derajat tertentu. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah jenis Bell dimana pada fungsi keanggotaan ini terdapat dua parameter yaitu mean dan varian, parameter tersebut dalam metode ANFIS disebut sebagai parameter premis. Pada layer kedua dan ketiga dilakukan proses *inference engine* (system inferensi fuzzy) ditentukan rule fuzzy untuk dilakukan proses perhitungan selanjutnya. Pada proses ini dikarenakan system ANFIS yang digunakan adalah 1 input, maka tidak ada penghitungan. Simpul keluaran layer ini sama dengan simpul keluaran layer 1.

Pada layer 3 dilakukan normalisasi Masing-masing simpul menampilkan derajat pengaktifan ternormalisasi. Pada layer 4 dilakukan proses defuzzifikasi dilakukan perhitungan mentransformasi hasil fuzzy ke bentuk keluaran yang *crisp*. Pada layer ini dilakukan perhitungan LSA untuk mendapatkan nilai parameter konsekuen. Pada layer 5 dilakukan proses *summary* dari dua output pada layer 4. Pada ANFIS system fuzzy terletak pada layer 1,2,3 dan 4. dimana system fuzzy ini adalah sebagai penentu hidden node yang terdapat pada system neural network.

Penjelasan pada masing-masing lapisan sebagai berikut:

Lapisan 1:

Setiap simpul i pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul:

$$n1a = \text{Bell}(x; a1, b1, c1)$$

$$n2a = \text{Bell}(x; a2, b2, c2)$$

dimana x adalah masukan bagi simpul $n1a$, dan $n2a$, sedangkan $a1, b1, c1, a2, b2, c2$ adalah parameter tingkatan keanggotaan dari himpunan fuzzy $A (= a1, a2, b1$ atau $b2)$ dan menentukan derajat keanggotaan dari masukan x yang diberikan. Fungsi keanggotaan parameter dari A dapat didekati dengan fungsi bell:

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}}$$

Di mana $\{a_i, b_i, c_i\}$ adalah himpunan parameter. Parameter pada lapisan ini disebut parameter parameter premis.

Lapisan 2:

Setiap simpul pada lapisan ini diberi label $n3a$ dan $n4a$, bersifat non-adaptif (parameter tetap) yang meneruskan hasil dari lapisan ke-1. Karena sistem yang digunakan satu input, maka tidak ada inferensi AND. Dengan demikian keluaran pada lapisan ke-2 adalah :

$$n3a = n1a$$

$$n4a = n2a$$

Lapisan 3:

Setiap simpul pada lapisan ini diberi label $n5a$ dan $n6a$, juga bersifat non adaptif. Masing-masing simpul menampilkan derajat pengaktifan ternormalisasi dengan bentuk.

$$n5a = n3a / (n3a + n4a)$$

$$n6a = n4a / (n3a + n4a)$$

Lapisan 4:

Tiap simpul pada lapisan ini berupa simpul adaptif, dan pada lapisan ini diperoleh matriks A , sebagai berikut :

$$A = \begin{bmatrix} (n5a)x_{(1)} & (n5a) & (n6a)x_{(1)} & (n6a) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (n5a)x_{(n)} & (n5a) & (n6a)x_{(n)} & (n6a) \end{bmatrix}$$

Jumlah baris matriks A sebanyak jumlah data input x . Pada lapisan ini dicari nilai parameter konsekuen θ dengan metode LSE. Persamaan metode LSE dinyatakan sebagai berikut :

$$\theta = \text{inv}(A^T A) A^T \cdot y$$

Dengan y = output target yang diinginkan.

$$\theta = [p1 \ q1 \ p2 \ q2]^T$$

Selanjutnya untuk menghitung keluaran di lapisan ke-4 digunakan persamaan sebagai berikut :

$$n7a = p1 * x + q1$$

$$n8a = p2 * x + q2$$

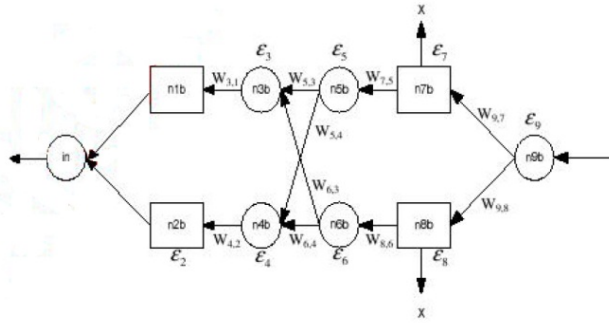
Lapisan 5:

Simpul tunggal pada lapisan ini diberi label $n9a$, yang mana menghitung semua keluaran sebagai penjumlahan dari semua sinyal yang masuk:

$$n9a = n7a + n8a$$

6. Alur Mundur

Pada blok diagram Gambar 3 dijelaskan mengenai sistematika alur mundur dari suatu system ANFIS. Pada proses ini dilakukan algoritma EBP (*Error Backpropagation*) dimana pada setiap layer dilakukan perhitungan error untuk melakukan update parameter-parameter ANFIS.



Gambar 2. Blok diagram alur mundur ANFIS untuk time series forecasting 1 input

Pada layer 5 dilakukan perhitungan error dengan rumus differensial dari perhitungan MSE yaitu:

$$\varepsilon = \partial \left[\frac{(y_d - y)^2}{2} \right]$$

Nilai y_d adalah output aktual, dan nilai y adalah output ANFIS.

Pada layer 4 tidak dilakukan perhitungan error hal ini dikarenakan pada alur mundur tidak terjadi update nilai parameter konsekuen yang terdapat pada layer 4. untuk perhitungan error layer 3 dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\varepsilon_3(i) = \varepsilon_5 * o4(i), \quad i=1,2$$

Pada layer 2 dilakukan perhitungan error dengan melibatkan error 5 dan error 3 yaitu:

$$\varepsilon_2(i) = \varepsilon_3(i) * \frac{\omega(n)}{(\omega_1 * \omega_2)^2} \quad n=2,1$$

Pada layer 1 dilakukan perhitungan error dengan melibatkan error 5,3 dan error 2 yaitu:

$$\varepsilon_1(i, j) = \varepsilon_2(i) * \mu(n, k), \quad i=1,2 \quad n=2,1$$

Setelah dilakukan perhitungan error pada setiap layer maka dilakukan update data parameter ANFIS dengan proses differensial masing-masing parameter premis terhadap fungsi gaussian. Dimana pada perhitungan ini nilai error sebelumnya diinputkan. Berikut adalah rumus untuk memperoleh parameter delta mean pada ANFIS setelah proses differensial.

$$\Delta mean(i, j) = rate * \varepsilon_1(i, j) * 2 * m(i, k) * \left[\frac{x - mean(i, j)}{var(i, j)^2} \right]$$

Nilai delta mean selanjutnya dijumlahkan dengan nilai mean sebelumnya untuk menghasilkan nilai mean yang baru

$$mean_baru = \Delta mean + mean$$

Berikut adalah rumus untuk memperoleh parameter delta varians pada ANFIS setelah proses differensial.

$$\Delta var(i, j) = rate * \varepsilon_1(i, j) * 2 * m(i, k) * \left[\frac{(x - mean(i, j))^2}{var(i, j)^3} \right]$$

Nilai delta varians selanjutnya dijumlahkan dengan nilai varians sebelumnya untuk menghasilkan nilai varians yang baru

$$var_baru = \Delta var + var$$

Proses perhitungan diatas akan berulang terus menerus sampai nilai MSE memenuhi nilai error maksimum yang diinginkan oleh user.

7. Desain Data

Susunan pasangan data latih untuk proses pelatihan berdasarkan data yang diperoleh dari puskesmas disusun dengan format sebagai berikut :

[x(t): x(t+365)]

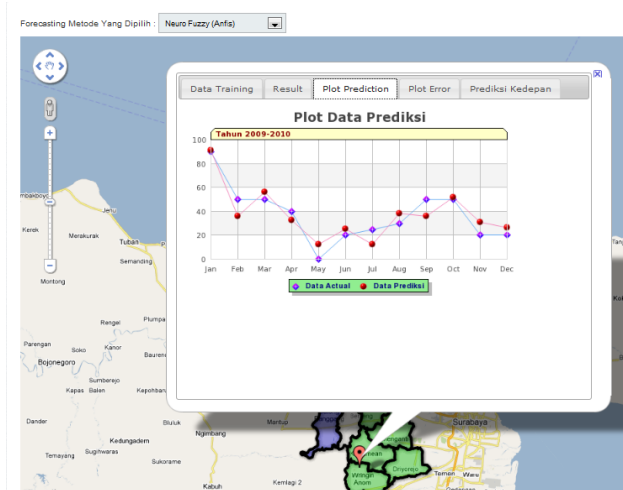
Data kebutuhan obat yang diambil sebagai data latih adalah data per bulan pada tahun 2009 sebagai masukan jaringan. Dan selanjutnya data per bulan tahun 2010 sebagai keluaran jaringan. Sedangkan data actual per bulan pada tahun 2010 digunakan untuk menguji keakuratan hasil prediksi dari sistem neuro-fuzzy.

Contoh data yang digunakan sebagai data latih sistem adalah sebagai berikut :

IDTX	TX	JUMLAH PEMAKAIAN
0106	ALOPURINOL TABLET 100 MG	120
0107	AMINOFILIN TABLET 200 MG	120
0110	AMOKSISILIN SIRUP KERING 125 MG/5ML	26
0111	AMOKSISILIN KAPSUL 250 MG	845
0112	AMPISILIN KAPLET 500 MG	281
0113	AMPISILIN SIRUP KERING 125 MG/5ML	2
0114	ANTALGIN (METAMPIRON) TABLET 500 MG	1390
0116	ANTASIDA DOEN TABLET,KOMBINASI	988
0118	ANTHEMOROID DOEN KOMBINASI	3
0125	ASAM ASKORBAT (VIT C) TABLET 250 MG	280
0126	ASAM ASKORBAT (VIT C) TABLET 50 MG	150
0204	BETAMETASON KRIM 0.1 %	2
0402	DEKSAMETASON INJ 5 MG/ML - 1 ML	25
0403	DEKSAMETASON TABLET 0.5 MG	948
0405	DEKSTROMETORFAN HBR SIRUP 10 MG/5ML	11
....

8. Hasil Uji Implementasi Anfis Untuk Peramalan Kebutuhan Obat

Metode ANFIS diterapkan di level puskesmas dan Dinas Kesehatan untuk menganalisa data kebutuhan obat. Aplikasi di dinas kesehatan, dalam hal ini Dinas kesehatan kabupaten gresik dapat melakukan prediksi kebutuhan obat di masing-masing puskesmas yang berada di wilayahnya. Untuk level Dinas kesehatan prediksi dapat divisualisasikan dalam bentuk peta Google Map. Pengguna cukup memilih menu "Forecasting->Forecasting Obat" maka akan muncul menu sebagai berikut :



Gambar 3. Visualisasi google map prediksi obat di level dinas kesehatan

Untuk analisa ujicoba metode ini dibandingkan dengan metode peramalan lain yaitu Regresi Linear, Regresi Exponensial, dan Moving Average. Hasilnya adalah :

Nama Obat	RMSE (Root Mean Square Error)				Metode Terbaik
	ANFIS	Moving Average	Regresi Linear	Regresi Exponensial	
Alat suntik sekali pakai 3 ml	8.9494	38.77	34.71	89.85	ANFIS
Metoklopro pamid tablet 10 mg)	37.057	46.05	49.63	115.40	ANFIS
Parasetamo l tablet 500 mg	383.09	598.24	588.59	886.26	ANFIS
Yodium povidon 10% 300 ml	0.076	0.72	0.7165	0.723	ANFIS
Tiamin HCl / Mononitrat (Vit.B1) tab. 50 mg	85.303	299.42	301.03	392.77	ANFIS
Asiklovir tablet 400 mg	41.63	69.67	86.37	370.93	ANFIS
Antalgin (Metampro n) tablet 500 mg	368.30	573.12	637.36	13513.59	ANFIS
Antasida DOEN tablet, kombinasi: Mg.	221.01	352.22	334.25	50518.7	ANFIS
Bestocol Tablet	79.25	128.06	154.71	166.80	ANFIS

Deksameta son tablet 0,5 mg	169.93 90	215.363 0	222.20 94	285.7736	ANFIS
-----------------------------	--------------	--------------	--------------	----------	-------

Menurut Makridakis, Whellwright dan McGee (1995:32,43) salah satu ukuran kesalahan dalam peramalan adalah *nilai tengah akar kuadrat atau Root Mean Square Error (RMSE)* dengan persamaan :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n}}$$

RMSE adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan. Masing-masing kesalahan (selisih data aktual terhadap data peramalan) dikuadratkan kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah data. Setelah itu dicari nilai akarnya.

Notasi dasar dari persamaan diatas secara ringkas adalah :

X_t = nilai aktual pada periode ke t
 F_t = nilai peramalan pada periode ke t
 $X_t - F_t$ = nilai kesalahan (error) pada periode ke t
 N = jumlah data

9. Uji Coba Data Repository 'International Institute Of Forcaster'

Untuk lebih menguji metode yang dipakai, yaitu ANFIS, digunakan data uji coba time series internasional yaitu dari 'International Institute Of Forcaster'. Data berikut ini adalah data *international airline passengers* dari data uji coba tersebut. Hasilnya adalah :

Periode	Data Actual	Data Prediksi	Error
1	196	198.5821	2.582131
2	196	207.1809	11.18091
3	236	227.2548	8.74524
4	235	222.9508	12.04916
5	229	211.4808	17.51922
6	243	231.5612	11.43878
7	264	250.2875	13.71249
8	272	250.2875	21.71249
9	237	232.9975	4.002549
10	211	208.6141	2.385853
11	180	187.1179	7.117924
12	201	207.1809	6.180906
13	204	202.8814	1.118595

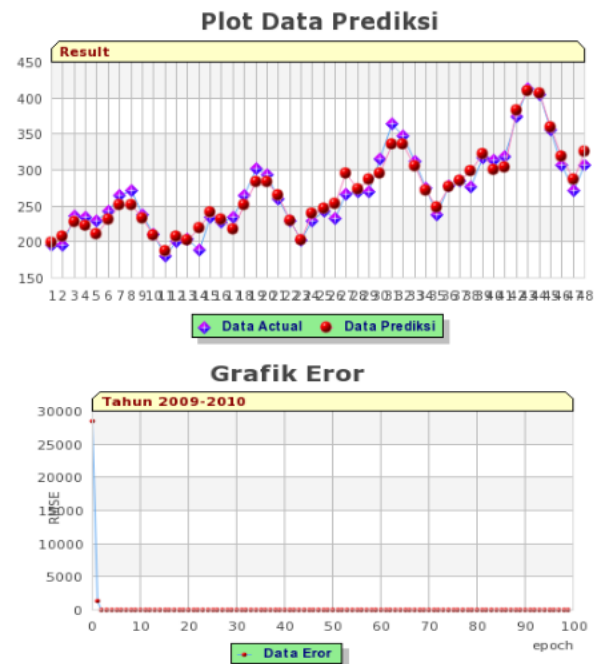
14	188	218.6487	30.64866
15	235	240.1865	5.186526
16	227	231.5612	4.56122
17	234	217.2149	16.78511
18	264	251.7358	12.2642
19	302	282.9406	19.05936
20	293	282.9406	10.05936
21	259	264.8726	5.872573
22	229	228.6899	0.310082
23	203	201.4483	1.551707
24	229	238.7474	9.747444
25	242	245.9516	3.951597
26	233	253.1858	20.18583
27	267	295.6938	28.69383
28	269	272.2944	3.29438
29	270	286.0586	16.05857
30	315	295.6938	19.30617
31	364	335.1688	28.83122
32	347	335.1688	11.83122
33	312	305.8874	6.112571
34	274	270.8002	3.199809
35	237	247.3955	10.39555
36	278	276.8131	1.186938
37	284	284.4946	0.494575
38	277	299.0202	22.02025
39	317	322.6726	5.672616
40	313	300.7088	12.29116
41	318	304.1415	13.85854
42	374	382.1477	8.147712
43	413	409.7112	3.288806
44	405	405.4241	0.424136
45	355	358.7126	3.712632
46	306	318.7569	12.7569
47	271	286.0586	15.05857
48	306	324.6752	18.67518

Dari table tersebut diperoleh hasil terbaik sebagai berikut :

RMSE :1.8961884673163

MAPE: 4.0220609920223 %

Diperoleh pada epoch ke-26



10. Analisa dan Kesimpulan

Dari hasil percobaan untuk data penggunaan obat di kabupaten gresik pada tabel diatas dan analisa hasil grafik percobaan tewrsebut, dapat diambil analisa dan kesimpulan :

1. ANFIS

- Memiliki error yang paling baik dibanding semua metode yang lain.

2. Moving Average (MA)

- Tidak bisa meramalkan data tepat sejumlah data training yang diperlukan, karena digunakan untuk penghitungan average sebelumnya.
- Nilai error lebih besar daripada Anfis.

3. Regresi Linear

- Memiliki Error yang lebih besar daripada anfis dan moving average

4. Regresi Exponensial

- Memiliki Error yang lebih besar daripada anfis, moving average, dan regresi linear.
- Metode ini paling tidak cocok memprediksi data yang stasioner.

5. Di semua percobaan, Metode paling baik untuk prediksi distribusi obat melalui uji coba ini adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Karena ANFIS Memiliki RMSE yang paling baik dibanding semua metode yang lain.

6. Metode paling tidak sesuai untuk prediksi distribusi obat melaui ujicoba ini adalah regresi exponensial. Karena memiliki nilai RMSE paling tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Jang, J.-S. R. 1993. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference systems, *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, 23(03):665-685. [2] Jang, J.-S. R. 1997. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. NewJersey Prentice-Hall.
- [2] Jang, J.-S. R. 1997. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. NewJersey Prentice-Hall.
- [3] Gorzalczany M. B., A. Gluszek. 2000. Neuro- fuzzy systems for rule-based modeling of dynamic processes. *Proceedings of ESIT 2000*, pp. 416-422.
- [4] Fariza Arna. M.Kom., “*Tesis Hybrid Algorithma Genetika Simulated Annealing untuk peramalan Data Time series*” Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Juli 2003.
- [5] G. Atsalakis, Ucenic “*Time series prediction of water consumption using neuro-fuzzy (ANFIS) approach*”.
- [6] Makridakis, S., S. Wheelwright., dan V. E. McGee. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi kedua. Jilid satu. Jakarta: Binarupa Aksara.