

---

**ANALISA PERBANDINGAN HASIL PERAMALAN DATA  
TIME SERIES DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN  
RBF DAN FRBF**  
(COMPARATION ANALYZE OF TIME SERIES FORECASTING VALUE  
USING RBF AND FRBF NEURAL NETWORK)

Nisa Ayunda<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Universitas Pesantren Tinggi Darul 'Ulum, nisaayunda@mipa.unipdu.ac.id

**Abstrak**

Pendekatan peramalan data time series dengan model jaringan syaraf *Radial Basis Function (RBF)* memiliki sifat *supervised learning* karena data yang dilatihkan berupa pasangan data input dan target yang diidentifikasi dan diekstrapolasi pola dan hubungannya. Sedangkan model jaringan syaraf *Fuzzy Radial Basis Function (FRBF)* merupakan model *supervised-and-unsupervised learning* yang merupakan kolaborasi himpunan *fuzzy* dan model jaringan syaraf *RBF*. Analisa perbandingan model jaringan syaraf *RBF* dan model jaringan syaraf *FRBF* dalam peramalan data *time series* dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui keefektifan hasil peramalan dengan kedua model tersebut. Nilai *MSE* dan *epoch* rata-rata untuk proses peramalan *in-sample* yang didapatkan untuk model jaringan syaraf *RBF* dan *FRBF* secara berurutan adalah 73,45 dan 8,1903E-05 serta 532,36 dan 9,8648E-05. Sedangkan pada peramalan *out-sample*, nilai yang didapatkan dengan model *RBF* menjauhi data-data sebelumnya.

**Kata kunci:** Perbandingan, Peramalan, JST, RBF, FRBF, MSE

**Abstract**

Forecasting of time series approximation using *Radial Basis Function (RBF)* neural network has supervised learning characteristics because of the training paired data contains of input and taerget that identified and had extrapolation for the trend and the connection. On other hand, *Fuzzy Radial Basis Function (FRBF)* neural network is a supervised-and-unsupervised learning model that from collaboration of fuzzy sets and *RBF* neural network models. Comparative analyze of *RBF* neural network models with *FRBF* neural network models on time series forecasting be done in this research to known about the effectiveness forecasting result for both of the models. *MSE* value and mean epoch for *in-sample* forecasting for *RBF* and *FRBF* neural network models is 73,45 and 8,1903E-05 with 532,36 and 9,8648E-05. In other hand, *out-sample* forecasting result using *RBF* models divergen with the record data.

**Keywords:** Comparative, Forecasting, ANN, RBF, FRBF

---

## PENDAHULUAN

Peramalan (*forecasting*) adalah suatu proses dimana pola atau hubungan yang ada diidentifikasi dan pola-pola ini diekstrapolasi atau diinterpolasi secara optimal. Peramalan menunjukkan apa yang akan terjadi pada suatu keadaan tertentu dan merupakan input bagi proses perencanaan dan pengambilan keputusan. Suatu proses peramalan dapat menggunakan data *time series* dengan cara menganalisis mekanisme, pola, perilaku dan kecenderungan sistem data tersebut.

Pemodelan jaringan syaraf tiruan merupakan kajian rekayasa sistem yang dapat digunakan untuk menganalisis mekanisme, pola, perilaku dan kecenderungan sistem. Rekayasa sistem ini berdasarkan analisis terhadap struktur dan perilaku sistem sungai yang rumit, berubah cepat, dan mengandung ketidakpastian dengan suatu bentuk desain sistem dan pemodelan. Pendekatan model jaringan syaraf tiruan didasari oleh prinsip pengenalan pola data komponen yang terlibat dalam sistem yang dikaji.

Jaringan syaraf tiruan telah digunakan secara luas baik dalam bidang teknologi maupun aplikasi keuangan. Jaringan syaraf tiruan juga dikenal sebagai salah satu metode pendekatan yang digunakan pada masalah peramalan. Peramalan dengan jaringan syaraf tiruan melibatkan beberapa proses yaitu clustering untuk karakteristik data *time series*, klasifikasi hubungan antara data *time series* dengan kriteria deskripsinya dan klasifikasi prediksi pada suatu data *time series* (Thomassey dan Happiette, 2007). Model jaringan syaraf *Radial Basis Function* memiliki sifat supervised learning yang dapat digunakan sebagai metode peramalan karena data yang harus dilatihkan adalah berupa pasangan data input dan target (Bektipratiwi, A dan Irawan, M.I., 2011). Sheng-Chai Chi dan Li-Chang Hsu pada tahun 2001 mengaplikasikan teori *fuzzy* ke dalam jaringan syaraf *Radial Basis Function*. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk meningkatkan kualitas hasil peramalan dan mempertimbangkan kesalahan dalam pemberian keputusan maupun input yang bersifat kabur. Model jaringan syaraf *Fuzzy Radial Basis Function* tersebut merupakan model yang bersifat supervised-and-unsupervised learning.

Analisa perbandingan model jaringan syaraf *Radial Basis Function* dan model jaringan syaraf *Fuzzy Radial Basis Function* dalam peramalan data *time series* dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui keefektifan hasil peramalan dengan kedua model tersebut. Selain itu, analisa perbandingan tersebut juga digunakan untuk mengetahui model jaringan syaraf yang paling sesuai untuk data *time series* yang diujikan. Data *time series* yang digunakan merupakan data *time series* nilai indeks pencemaran Kali Surabaya segmen Gunungsari. Penggunaan data *time series* dengan mengadopsi berbagai metode analisis data bertujuan untuk menemukan keteraturan atau pola yang dapat digunakan dalam peramalan kejadian mendatang (Tauryawati, M.L dan Irawan, M.I., 2014). Gambaran kondisi pencemaran di masa yang akan datang dapat dilihat dari hasil peramalan tersebut. Hasil peramalan tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam upaya pengelolaan dan pemantauan kualitas air Kali Surabaya.

## KAJIAN TEORI

M.I. Irawan, dkk (2013) menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk membangun sistem perencanaan air irigasi dengan cerdas dan optimasi

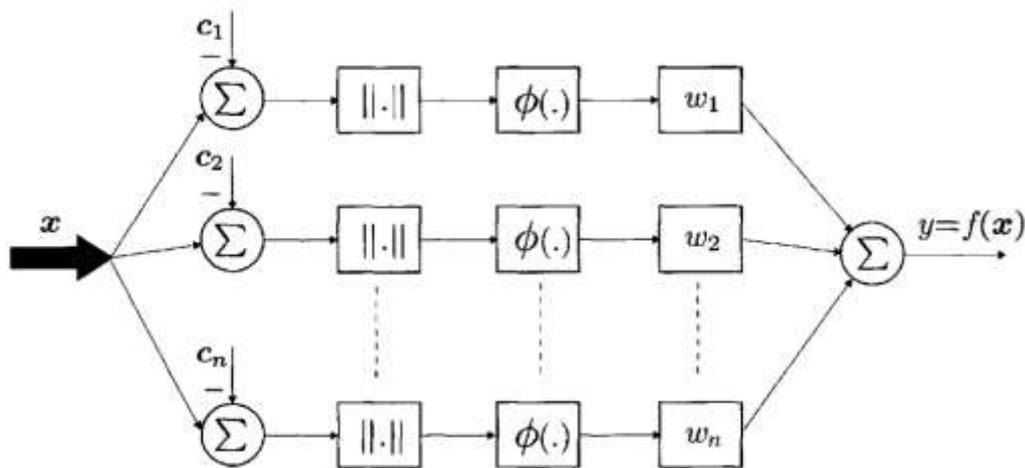
keuntungan untuk pendukung keputusan penanaman tanaman panen di Pulau Lombok. Suatu karakteristik yang sangat menarik dari JST adalah kemampuannya untuk belajar. Cara belajar dari latihan yang diberikan pada JST menunjukkan beberapa kesamaan dengan perkembangan intelektual manusia (Irawan, M.I., 2015). Jaringan syaraf memiliki kemampuan menyimpan pengetahuan atau memory dan membuatnya menjadi dapat digunakan dalam proses berikutnya. Jaringan syaraf menyerupai sistem kerja otak dengan ketentuan bahwa pengetahuan atau memory yang diperoleh jaringan dari lingkungannya melalui suatu proses yang disebut training dan kekuatan hubungan antar neuron, yaitu bobot, digunakan untuk menyimpan memori tersebut.

### Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function

Jaringan syaraf Radial Basis Function pertama diperkenalkan dalam literatur-literatur tentang jaringan syaraf tiruan oleh Broomhead and Lowe (1998). Jaringan syaraf Radial Basis Function adalah model jaringan syaraf dengan satu hidden layer, dimana fungsi aktivasinya adalah fungsi basis dan fungsi linear pada lapisan output. Model ini merupakan pemetaan fungsi nonlinear multidimensi berdasar pada jarak antar vektor input dan vektor center. Jaringan syaraf Radial Basis Function memiliki input berdimensi  $n$ ,  $x \in \mathbb{R}^n$  dan output berdimensi  $n$ ,  $y \in \mathbb{R}^n$ . Secara matematis, output  $y$  dapat dinyatakan

$$y \triangleq f(x) = \sum_{i=1}^n w_i \phi_i(x - c_i) \quad (1)$$

dengan  $\phi_i(x - c_i)$  adalah fungsi basis dari  $x$ ,  $w_i$  merupakan parameter bobot dan  $c_i \in \mathbb{R}^n$  adalah *center* dari *Radial Basis Function*. Arsitektur dari

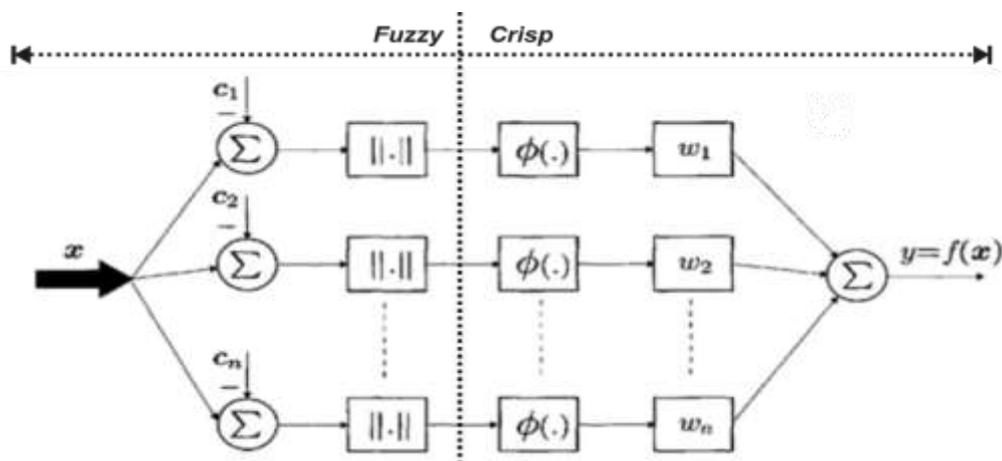


**Gambar 1. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function**

### Jaringan Syaraf Tiruan Fuzzy Radial Basis Function

Model Jaringan Syaraf *Fuzzy Radial Basis Function* (FRBF) ini adalah metode *supervised-and-unsupervised learning* sehingga dapat digunakan sebagai peramalan. Konsep dasar dari model jaringan syaraf *Fuzzy Radial Basis Function* (FRBF) ini adalah penerapan aplikasi teori *fuzzy* ke dalam model dasar jaringan syaraf *Radial Basis Function* (RBF). Langkah tersebut dimaksudkan untuk dapat mengembangkan kualitas hasil estimasi dari terbatasnya data dan karakteristik data yang berbeda antar parameter kualitas air Kali Surabaya. Model jaringan

syaraf Fuzzy Radial Basis Function (FRBF) adalah model *unsupervised-and-supervised learning* (Sheng-Chai Chi dan Li-Chang Hsu, 2001). Arsitektur jaringan syaraf tiruan Fuzzy Radial Basis Function ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Fuzzy Radial Basis Function

Proses algoritma *unsupervised learning* dimulai dengan fuzzifikasi proses *training* ke dalam pusat initial fuzzy pada *hidden layer* pada jaringan syaraf FRBF. Kemudian memasukkan vektor fuzzy yang merepresentasikan interval  $\alpha$  - cut fuzzy dari neuron input ke-  $i$  pada waktu  $t$ . Selanjutnya, jarak fuzzy antara vektor input dan masing-masing neuron pada *hidden layer* dihitung dan didefuzzifikasi menggunakan metode *Center Of Gravity* hingga menemukan neuron terpilih  $j^*$  dengan jarak minimum pada *hidden layer*. Neuron terpilih  $j^*$  (atau pusat) kemudian diperbarui nilai fuzzy dan mengurangi nilai *learning rate* dan mengulang langkah hingga jumlah putaran learning mencapai nilai yang telah ditentukan.

Selain itu, proses *supervised learning* dapat diekspresikan dengan menghitung nilai *output* pada neuron *hidden*, neuron *output*, dan nilai *error* antara yang diinginkan dan respon sebenarnya. Langkah *supervised learning* selanjutnya adalah menyesuaikan bobot *connection* antara neuron *hidden* dan neuron *output*. Langkah-langkah tersebut diulang hingga jumlah perulangan *training* yang telah didefinisikan atau *error* yang diperbolehkan dicapai.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Sebagaimana telah dikemukakan di depan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perbandingan hasil peramalan data *time series* dengan model jaringan syaraf tiruan *Radial Basis Function* dan model jaringan syaraf Fuzzy *Radial Basis Function*. Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan kampus Unipdu selama 4 bulan pada data *time series* indeks pencemaran Kali Surabaya segmen Gunungsari. Penelitian ini merupakan salah satu bentuk analisa perbandingan dua model jaringan syaraf tiruan untuk mendapatkan model terefektif dalam peramalan data *time series*. Penelitian ini dimulai dengan penentuan lokasi dan waktu pengambilan objek penelitian. Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai indeks pencemaran Kali Surabaya khususnya segmen Gunungsari secara periodik dalam kurun waktu

---

4 tahun. Kemudian dilakukan pengumpulan data objek penelitian pada lokasi dan waktu tersebut.

Setelah melakukan pengambilan dan pengumpulan data, maka langkah selanjutnya adalah melaksanakan beberapa tahapan penelitian untuk mencapai tujuan penelitian. Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisa hasil peramalan data *time series* dengan model jaringan syaraf *Radial Basis Function* dan model jaringan syaraf *Fuzzy Radial Basis Function*. Sedangkan tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai upaya turut berperan dalam pengelolaan dan pemanfaatan Kali Surabaya secara berkelanjutan.

Tujuan utama dari penelitian ini dicapai dengan melakukan beberapa tahapan penelitian. Beberapa tahapan tersebut adalah perancangan sistem penelitian, pembentukan model beserta arsitekturnya, penentuan parameter yang digunakan dalam model, implementasi pengkodean pada MATLAB, analisa hasil dan pembahasan. Tahapan pertama dimulai dengan perancangan sistem penelitian. Perancangan sistem penelitian dilakukan dengan menganalisa permasalahan dan melakukan kajian atas model-model ilmiah yang dapat digunakan maupun yang telah dilakukan dalam menghadapi permasalahan tersebut. Hal ini juga dimaksudkan untuk membuat kerangka penelitian seperti rumusan masalah, batasan masalah, tujuan serta manfaat penelitian.

Model dan arsitektur model yang akan dirancang adalah model yang digunakan sebagai model estimator kualitas air yaitu model Jaringan Syaraf *Radial Basis Function* (RBF) dan model Jaringan Syaraf *Fuzzy Radial Basis Function* (FRBF). Model *FRBF* merupakan pengaplikasian teori *fuzzy* ke dalam model *RBF*. Titik berat pengaplikasian teori *fuzzy* adalah dengan memfuzzifikasi proses training ke dalam pusat *initial fuzzy* pada *hidden layer* dalam model *RBF*.

Implementasi pengkodean model digunakan sebagai simulasi model estimator kualitas air dan daya tampung Kali Surabaya. Pada penelitian ini, implementasi pengkodean model diterapkan pada *software* MATLAB 2013a. Output yang didapatkan dari implementasi model pada *software* MATLAB 2013a berupa grafik yang berisi hasil peramalan dengan model jaringan syaraf *RBF* dan *FRBF*. Implementasi pengkodean model juga berfungsi untuk memudahkan penulis dan pembaca dalam menganalisa hasil estimasi tersebut. Hasil estimasi yang didapatkan dari implementasi model dianalisa dan dilakukan pembahasan sesuai dengan rumusan masalah penelitian sehingga mendapatkan sebuah hasil dan kesimpulan dari tujuan tersebut.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 bahwa konsep dasar dari model jaringan syaraf *Fuzzy Radial Basis Function* (*FRBF*) dalam penelitian ini adalah penerapan aplikasi teori *fuzzy* ke dalam model dasar jaringan syaraf *Radial Basis Function* (*RBF*). Langkah tersebut dimaksudkan untuk dapat mengembangkan kualitas hasil estimasi dari terbatasnya data dan karakteristik data yang berbeda antar parameter kualitas air Kali Surabaya segmen Sepanjang-Jagir. Oleh karena itu, untuk menunjukkan keefektifan penerapan teori *fuzzy* dilakukan analisa perbandingan hasil peramalan nilai indeks pencemaran Kali Surabaya titik pantau Gunungsari dengan model jaringan syaraf *RBF* dan dengan model jaringan syaraf *FRBF*.

Peramalan indeks pencemaran didahului dengan membagi dua data keseluruhan yang berjumlah 66 series ke dalam data *training* dan data *testing*. Pembagian data ke dalam data training dan data testing untuk setiap periode hasil peramalan terlihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1. Pembagian Data Sesuai Periode Hasil Peramalan**

	<i>Training</i>	<i>Testing / Validasi</i>	Peramalan
Data	Jan'08 – Jun'12	Jul'13 – Jun'13	Jul'13 – Jun'14
Banyaknya	54 series	12 series	12 series

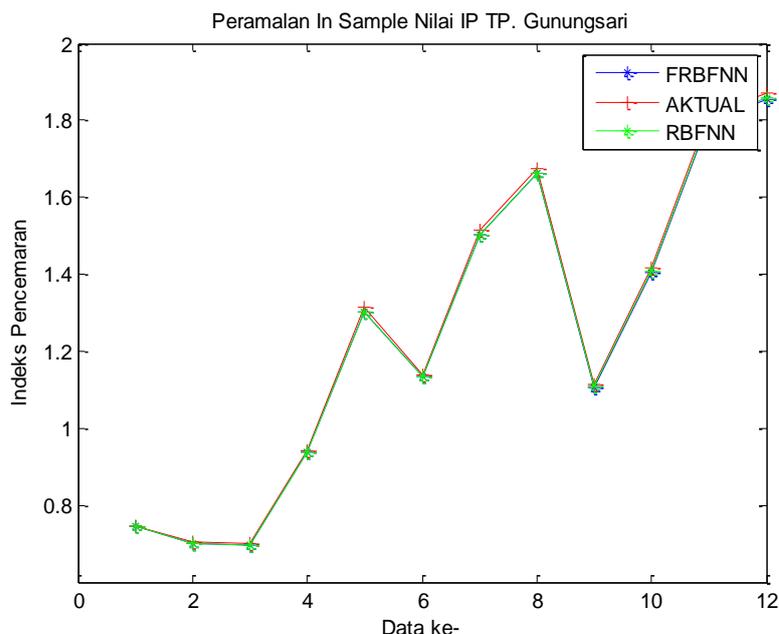
Langkah selanjutnya adalah menginputkan data *time series* tersebut sebagai data *training* dan *testing* ke dalam program model jaringan syaraf *RBF* dan model jaringan syaraf *FRBF*. Sedangkan untuk mendapatkan hasil peramalan dengan akurasi terbaik maka digunakan percobaan dengan berbagai *learning rate*, yaitu 0.05 hingga 1. Dalam penelitian ini, akurasi hasil peramalan dilihat dari nilai *Mean Square Error* terendah dan *epoch* terpendek dengan maksimum *epoch* sebesar  $10^5$ . Nilai *MSE* dan *epoch* merupakan hasil dari peramalan *in-sample* dalam program yang membandingkan nilai hasil peramalan dengan nilai aktual. Pada Tabel 2 berikut adalah nilai *MSE* dan *epoch* yang didapatkan untuk setiap *learning rate* pada model jaringan syaraf *RBF* dan *FRBF*.

**Tabel 2. Perbandingan Hasil Peramalan In Sample dengan RBF dan FRBF TP. Gunungsari dengan Berbagai Learning rate**

Gunungsari	<i>RBF</i>		<i>FRBF</i>	
<i>Learning rate</i>	MSE	Epoch	MSE	Epoch
0,05	9,8668e-05	330	9,9966e-05	2379
0,1	9,5307e-05	165	9,9877e-05	1189
0,2	9,3801e-05	82	9,9696e-05	594
0,3	9,7524e-05	54	9,8764e-05	396
0,4	8,0580e-05	41	9,7835e-05	297
0,5	9,3768e-05	32	9,9140e-05	237
0,6	7,6745e-05	27	9,5987e-05	198
0,7	7,4629e-05	23	9,8757e-05	169
0,8	7,2378e-05	20	9,7069e-05	148
0,9	5,8081e-05	18	9,9878e-05	131
1	5,9447e-05	16	9,8162e-05	118
Average	8,1903E-05	73,455	9,8648E-05	532,36

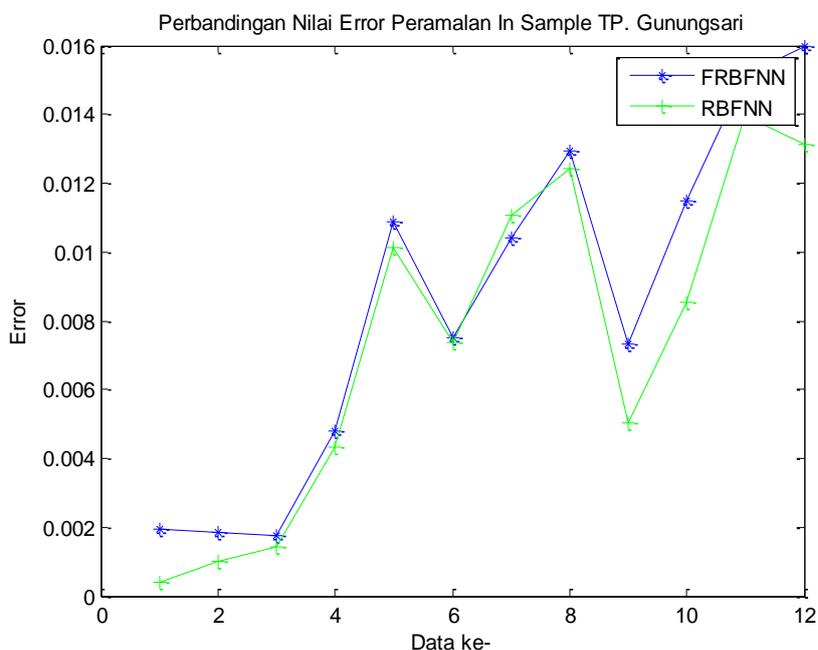
Pada hasil peramalan data time series indeks pencemaran Kali Surabaya titik pantau Gunungsari, nilai rata – rata MSE dan epoch jaringan syaraf *FRBF* tidak lebih dari nilai rata – rata MSE dan epoch jaringan syaraf *RBF*. Nilai rata – rata MSE dan epoch jaringan syaraf *FRBF* yaitu sebesar 9,8648E-05 dan 532,36. Sedangkan nilai rata – rata MSE dan epoch jaringan syaraf *RBF* yaitu sebesar 8,1903E-05 dan 73,455. Epoch terpendek tercapai pada *learning rate* 1,0 untuk kedua model jaringan syaraf tersebut. Grafik perbandingan peramalan in sample indeks pencemaran Kali Surabaya titik pantau Gunungsari dengan model jaringan syaraf *RBF* dan *FRBF* dan *learning rate* 0,6 dapat dilihat pada Gambar 3.

Sedangkan untuk nilai hasil peramalan untuk kedua model dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Peramalan In Sample IP Gunungsari

Grafik perbandingan peramalan in sample indeks pencemaran titik pantau Gunungsari pada Gambar 3 tidak memperlihatkan perbedaan antara data aktual, hasil peramalan dengan *RBF* maupun *FRBF* dikarenakan selisih yang kecil diantaranya. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan selisih antara data aktual dengan hasil peramalan in sample *RBF* dan selisih antara data aktual dengan hasil peramalan in sample *FRBF*. Perbandingan selisih error tersebut terlihat pada Gambar 4 berikut.



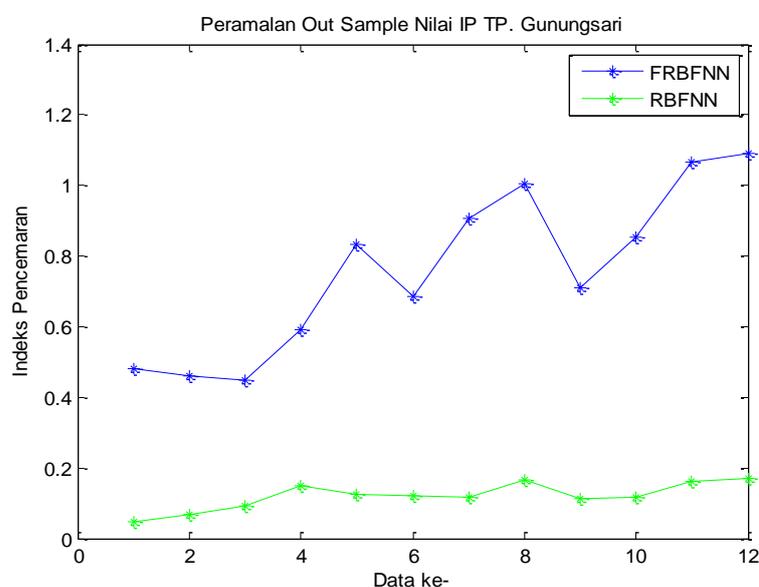
Gambar 4. Perbandingan Error Peramalan In Sample TP. Gunungsari

Gambar 4 menunjukkan bahwa tidak terdapat selisih yang tinggi antar error pada hasil peramalan in sample kedua jaringan syaraf, yaitu *RBF* dan *FRBF*. Sedangkan perbandingan hasil peramalan in sample indeks pencemaran Kali Surabaya dengan menggunakan kedua model jaringan syaraf, yaitu *Radial Basis Function* dan *Fuzzy Radial Basis Function* dengan *learning rate* 0,6 dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Perbandingan Nilai Aktual Dengan Nilai Hasil Peramalan In Sample Titik Pantau Gunungsari dengan *RBF* dan *FRBF***

Bulan	Nilai Indeks Pencemaran pada -		
	Data Aktual	Peramalan <i>FRBF</i>	Peramalan <i>RBF</i>
Juli'12	0,747212136	0.7453	0,7468
Agustus'12	0,702965109	0.7011	0,7019
September'12	0,699513078	0.6978	0,6981
Oktober'12	0,94204504	0.9372	0,9377
November'12	1,312726024	1.3019	1,3026
Desember'12	1,139695675	1.1322	1,1323
Januari'13	1,515008294	1.5046	1,5039
Februari'13	1,674456519	1.6615	1,6620
Maret'13	1,113259102	1.1059	1,1082
April'13	1,416068728	1.4046	1,4075
Mei'13	1,813992147	1.7989	1,8000
Juni'13	1,871107321	1.8552	1,8580

Hasil peramalan indeks pencemaran dengan model jaringan syaraf *RBF* dan *FRBF* memiliki hasil peramalan dan error yang tidak berbeda jauh dan tidak terdapat nilai NaN maupun Inf. Oleh karena itu, selisih antara data aktual dan hasil peramalan dengan jaringan syaraf *RBF* dan hasil peramalan out sample tidak memiliki nilai NaN dan Inf sehingga grafik kontinu dan dapat digunakan peramalan out sample. Sedangkan untuk nilai error dan peramalan dengan model jaringan syaraf *FRBF* dapat dilihat pada subbab sebelumnya.



**Gambar 5. Peramalan Out Sample IP TP. Gunungsari**

Pada perbandingan hasil peramalan out sample yang terlihat pada Gambar 5, hasil peramalan out sample dengan jaringan syaraf RBF memiliki nilai dengan rentang yang tidak mendekati data – data sebelumnya sehingga dinilai kurang realistis. Oleh karena itu, hasil peramalan out sample yang digunakan sebagai prediksi status perairan periode Juli 2013 hingga Juni 2014 untuk Kali Surabaya titik pantau Gunungsari adalah hasil peramalan dengan model *Fuzzy Radial Basis Function* dengan nilai untuk masing – masing series terlihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil Peramalan Out Sample Indeks Pencemaran Kali Surabaya TP. Gunungsari dengan FRBF**

Indeks Pencemaran pada Bulan -											
Juli 2013	Ags 2013	Sept 2013	Okt 2013	Nov 2013	Des 2013	Jan 2014	Feb 2014	Mar 2014	Apr 2014	Mei 2014	Jun 2014
0,48	0,46	0,44	0,59	0,83	0,68	0,90	1,00	0,71	0,85	1,06	1,08
11	13	68	15	13	69	75	33	22	44	81	90

Nilai indeks pencemaran Kali Surabaya titik pantau Gunungsari pada Tabel 4 berada pada rentang 0,4468 hingga 1,0890. Berdasarkan evaluasi indeks pencemaran dalam PP No.82 Tahun 2001, rentang nilai tersebut digolongkan pada status mutu baik hingga tercemar ringan.

## SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan pertama yang didapatkan dari penelitian analisa perbandingan model jaringan syaraf RBF dan FRBF dalam peramalan data time series adalah peramalan data time series dengan model jaringan syaraf Radial Basis Function dengan rata – rata epoch sebesar 73,455 didapatkan MSE sebesar  $8,1903E-05$ . Sedangkan untuk peramalan data time series dengan model jaringan syaraf Fuzzy Radial Basis Function dengan rata – rata epoch sebesar 532,36 didapatkan MSE sebesar  $9,8648E-05$ . Oleh karena itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa perbandingan model jaringan syaraf Radial Basis Function dan model jaringan syaraf Fuzzy Radial Basis Function dalam peramalan data time series memiliki rata-rata MSE, rata-rata epoch serta nilai hasil peramalan in-sample yang tidak jauh berbeda. Sedangkan pada peramalan out-sample, nilai yang didapatkan dengan model RBF tidak mendekati data-data sebelumnya. Saran dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah adanya penambahan data atau dengan mempendek jangka data agar pola data lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bektipratiwi, A dan Irawan, M.I.. (2011). A RBF-EGARCH neural network model for time series forecasting. *Proceedings of "The ICeMATH 2011"*.
- Broomhead, D., Lowe, D. (1988). *Multivariable functional interpolation and adaptive networks*. *Complex Syst*, 2 (6), 321–355.
- Chi, Sheng-Chai dan Li-Chang Hsu. (2001). A fuzzy radial basis function neural network for predicting multiple quality characteristics of plasma arc welding. *IEEE Trans. Neural Networks*. Taiwan.
- Irawan, M.I. (2015). *Dasar-dasar jaringan saraf tiruan algoritma, pemrograman dan contoh aplikasinya*. Surabaya: ITS Press.
- Irawan, M.I., Syaharuddin, Utomo, B.U., Rukmi, A.M. (2013). *Intelligent irrigation water requirement system based on artificial neural networks and*

- profit optimization for planting time decision making of crops in Lombok Island. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 58 (3), 657–671.
- Masduqi, A dan Apriliani E. (2008). Estimation of Surabaya River Water Quality Using Kalman Filter Algorithm. *IPTEK, The Journal for Technology and Science*, 19 (3).
- Tauryawati, M.L dan Irawan, M.I. (2014). Perbandingan metode fuzzy time Series cheng dan metode box-jenkins untuk memprediksi IHSG. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 3 (2), 34-39.
- Thommassey, S. dan Happiette, M. (2007). A neural clustering and classification system for sales forecasting of new apparel item. *Applied Soft Computing* 7, 1177-1187
- Qiao, J., Chen, Q., Han, H. (2011). The chemical oxygen demand modelling based on a dynamic structure neural network. *Waste water-evaluation and management*. Prof. Fernando Sebastián García Einschlag. 93–114, ISBN 978-953-307-233-3 pp.