



## Implementasi *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (Anfis) untuk Peramalan Pemakaian Air di Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Moedal Semarang

Ulfatun Hani'ah<sup>1</sup>, Riza Arifudin<sup>2</sup>, Endang Sugiharti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

<sup>2,3</sup>Jurusan Ilmu Komputer, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

Email: <sup>1</sup>ulfatunhani'ah\_4111411055@yahoo.com

### Abstrak

Peramalan pemakaian air pada bulan Januari 2015 sampai April 2015 dapat dilakukan menggunakan perhitungan matematika dengan bantuan ilmu komputer. Metode yang digunakan adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan bantuan *software* MATLAB. Untuk pengujian program, dilakukan percobaan dengan memasukkan variabel klas = 2, maksimum epoch = 100, *error* =  $10^{-6}$ , rentang nilai *learning rate* = 0.6 sampai 0.9, dan rentang nilai momentum = 0.6 sampai 0.9. Simpulan yang diperoleh adalah bahwa implementasi metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* dalam peramalan pemakaian air yang pertama adalah membuat rancangan *flowchart*, melakukan *clustering* data menggunakan *fuzzy C-Mean*, menentukan *neuron* tiap-tiap lapisan, mencari nilai parameter dengan menggunakan LSE rekursif, lalu penentuan perhitungan *error* menggunakan *sum square error* (SSE) dan membuat sistem peramalan pemakaian air dengan *software* MATLAB. Setelah dilakukan percobaan hasil yang menunjukkan SSE paling kecil adalah nilai *learning rate* 0.9 dan momentum 0.6 dengan SSE 0.0080107. Hasil peramalan pemakaian air pada bulan Januari adalah 3.836.138 m<sup>3</sup>, bulan Februari adalah 3.595.188 m<sup>3</sup>, bulan Maret adalah 3.596.416 m<sup>3</sup>, dan bulan April adalah 3.776.833 m<sup>3</sup>.

**Kata Kunci:** ANFIS, *learning rate*, *error*, MATLAB

### 1. PENDAHULUAN

Di masa lalu, cabang-cabang matematika yang mempelajari fenomena fisik mendominasi cabang-cabang matematika yang bisa diterapkan pada berbagai fenomena fisik, seperti yang biasa dipelajari dalam fisika dan kimia. Akibatnya, cabang-cabang matematika ini digolongkan dalam kelompok matematika terapan atau matematika fisika. Tetapi sejak berkembangnya ilmu-ilmu komputer, penerapan cabang matematika yang mempelajari fenomena-fenomena yang bukan sekedar diskrit, bahkan berhingga, berkembang dengan cepat khususnya berbagai fenomena alam yang teramati agar pola struktur, perubahan ruang dan sifat-sifat fenomena tersebut dapat dinyatakan dalam sebuah bentuk perumusan yang sistematis. Hasil perumusan yang menggambarkan perilaku dari proses fenomena fisik ini disebut model matematika [1]. Matematika mempunyai banyak fungsi yang digunakan dalam perhitungan sehari-hari, misalnya saja dalam perhitungan statistik, dalam ilmu kedokteran dan masih banyak banyak lainnya. Begitu pula dalam penanganan pemakaian air di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang berada di Semarang

Matematika mempunyai fungsi yang sangat penting yaitu untuk menghitung ketepatan dalam pembagian air minum di PDAM.

PDAM Kota Semarang merupakan sebuah perusahaan daerah yang bertugas untuk memberikan *supply* air bersih pada masyarakat dan badan usaha yang berada di daerah kota Semarang dan sekitarnya. Dalam melayani pelanggannya PDAM Kota Semarang selalu mengedepankan pelayanan prima sebagai perwujudan sikap profesionalitas. Tidak hanya perbaikan dalam bidang *struktural* saja yang diperhatikan tetapi juga harus selalu memperhatikan kebutuhan pelanggannya dalam hal ini adalah kebutuhan akan pasokan air bersih. Oleh karena itu PDAM dituntut untuk melayani pelanggan dengan tepat [2].

Aliran air yang kurang baik terjadi karena beberapa faktor. Faktor yang pertama adalah karena produksi Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang terbatas. Faktor yang kedua adalah karena faktor cuaca, di saat cuaca kemarau aliran air menjadi terhambat karena produksi air yang kurang mencukupi dalam pendistribusian air bersih. Faktor yang ketiga adalah karena kehilangan air, kehilangan air ini bisa terjadi karena kebocoran pada pipa-pipa air atau pencurian air. Untuk membantu agar pemakaian air di PDAM Tirta Moedal Semarang lebih baik lagi penulis ingin meramalkan jumlah pemakaian air perbulan, supaya PDAM Tirta Moedal dapat memperkirakan kebutuhan pemakaian air bersih dan dapat memperbaiki IPA yang masih terbatas. Menurut [3] peramalan adalah proses untuk memperkirakan berapakebutuhan dimasa yang akan datang yang meliputi kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu dan lokasi yang dibutuhkan dalam rangka memenuhi permintaan barang atau jasa.

Berbagai masalah dalam kehidupan sehari-hari khususnya dalam produksi erat hubungannya dengan ketidak pastian. Guna menggambarkan keadaan kehidupan sehari-hari yang tidak pasti maka muncul istilah *fuzzy*, yang pertama kali dikemukakan oleh Zadeh pada tahun 1962. Atas dasar inilah Zadeh berusaha memodifikasi teori himpunan, di mana setiap anggotanya memiliki derajat keanggotaan yang bernilai kontinu antara 0 sampai 1. Himpunan inilah yang disebut sebagai himpunan *fuzzy* [4].

Peramalan di sini menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system*. *Neuro fuzzy* adalah gabungan dari dua sistem yaitu sistem logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan. Sistem *neuro fuzzy* berdasar pada sistem inferensi *fuzzy* yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari sistem jaringan syaraf tiruan. Dengan demikian, sistem *neuro fuzzy* memiliki semua kelebihan yang dimiliki oleh sistem inferensi *fuzzy* dan sistem jaringan syaraf tiruan. Dari kemampuannya untuk belajar maka sistem *neuro fuzzy* sering disebut sebagai ANFIS (*adaptive neuro fuzzy inference systems*) [5].

Pada sistem yang semakin kompleks, *fuzzy logic* biasanya sulit dan membutuhkan waktu lama untuk menentukan aturan dan fungsi keanggotaan yang tepat. Pada *neural network*, tahapan proses sangat panjang dan rumit sehingga tidak efektif pada jaringan yang cukup besar. *Fuzzy logic* tidak memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi. Sebaliknya *neural network* memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi namun tidak memiliki kemampuan penalaran seperti yang dimiliki pada

*fuzzy logic*. Oleh karena itu dikembangkan metode yang mengkombinasikan kedua teknik itu yaitu biasa disebut sistem *hybrid*, salah satunya adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* atau ANFIS [6].

Analisis ANFIS menggunakan model Sugeno orde-1. Proses pengklasteran dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy C-means* (FCM). Algoritma pembelajaran yang digunakan adalah metode optimasi *Hybrid*. Perangkat lunak yang digunakan adalah MATLAB.

## **2. METODE**

Metode yang dilakukan dalam peramalan penggunaan air di PDAM Tirta Moedal Semarang adalah metode ANFIS model FIS Takagi-Sugeno orde-1 dan diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Matlab*, dengan langkah-langkah:

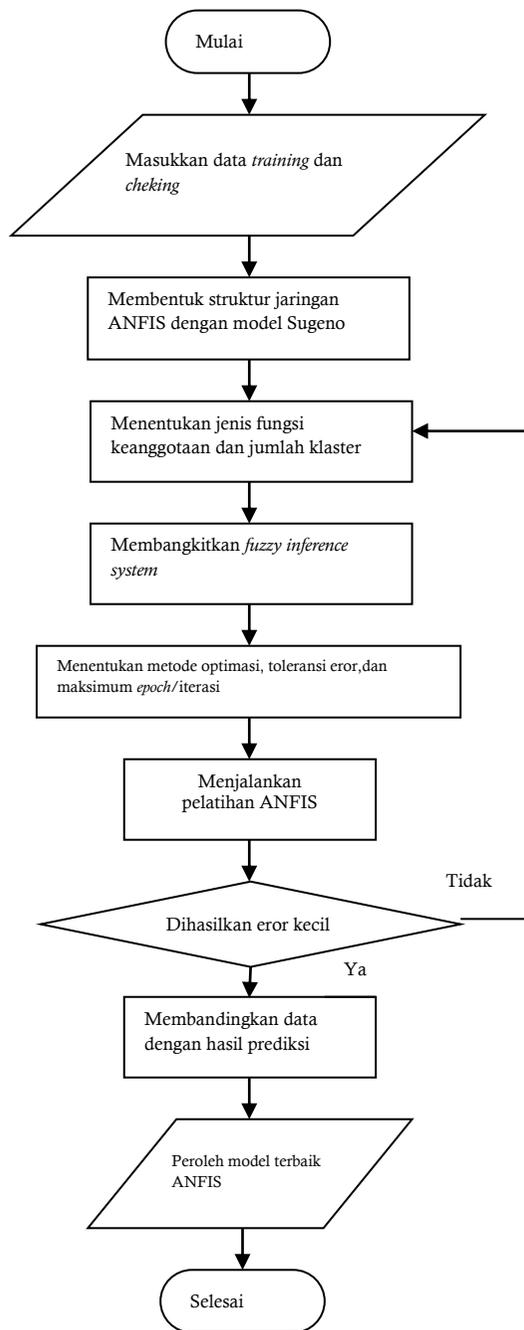
- (1) Melakukan observasi selama kurun waktu tertentu.
- (2) Membuat rancangan *Flowchart*.
- (3) Memasukkan data.
- (4) Membangun Sistem Inferensi *Fuzzy* (*Fuzzy Inference System*).
- (5) Menentukan parameter Pelatihan.
- (6) Proses pelatihan.
- (7) Analisis hasil peramalan.

Hasil peramalan data pemakaian air di PDAM Tirta Moedal Semarang diuraikan dan dijelaskan secara deskriptif. Penaksiran dan penarikan simpulan dilakukan berdasarkan tiap langkah proses *Adaptive Neuro fuzzy Inference System*. Simpulan akhir ditentukan berdasarkan hasil dari peramalan dengan menggunakan metode ANFIS. Pada tahap ini dapat dilakukan evaluasi dari hasil pelatihan, yang mana pelatihan terbaik ANFIS berdasarkan jumlah input, jumlah kluster, error dan momentum, yaitu yang menghasilkan nilai SSE terkecil.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **3.1. Perancangan Sistem Pelatihan**

Gambar 1 adalah rancangan *flowchart* untuk sistem peramalan pemakaian air di PDAM Tirta Moedal Semarang.



**Gambar 1.** Flow Chart ANFIS

### 3.2. Clustering Data dengan C-Mean

Pada tahap ini clustering yang digunakan adalah clustering data dengan C-Mean yaitu *clustering* mengelompokkan data dengan memilah data yang dianalisa ke dalam cluster-cluster yang ada. Hasil *clustering* yang telah dilakukan terdapat pada Gambar 2.

Iteration count = 1,	obj. fcn = 0.029233
Iteration count = 2,	obj. fcn = 0.019730
Iteration count = 3,	obj. fcn = 0.011628
Iteration count = 4,	obj. fcn = 0.009274
Iteration count = 5,	obj. fcn = 0.009112
Iteration count = 6,	obj. fcn = 0.009100
Iteration count = 7,	obj. fcn = 0.009097

Gambar 2. Clustering Data Menggunakan Fuzzy C-Means

#### 1) Lapisan 1

Setelah diperoleh hasil *fuzzy clustering* selanjutnya mencari nilai mean dan deviasi standar untuk melakukan perhitungan lapisan 1. Fungsi keanggotaan *Generalized Bell* diberikan sebagai.

$$\mu(A) = \frac{1}{1 + \left| \frac{A-c}{a} \right|^{2b}} \quad 2)$$

Dengan A adalah input, dalam hal ini  $A = \{A_{1,t}, A_{2,t}\}$  dan  $\{a, b, \text{ dan } c\}$  adalah parameter-parameter, biasanya  $b = 1$ . Jika nilai parameter-parameter ini berubah, maka bentuk kurva yang terjadi akan ikut berubah. Parameter-parameter ini biasanya disebut dengan nama parameter premis [7].

Nilai mean dan deviasi standar ini selanjutnya menjadi  $c$  dan  $a$  awal. Berdasarkan data yang diberikan, diperoleh:

$$c = \begin{bmatrix} 0.3145 \\ 0.3617 \end{bmatrix} \text{ dan } a = \begin{bmatrix} 0.0141 \\ 0.0116 \end{bmatrix}$$

#### 2) Lapisan 2

Tiap-tiap *neuron* pada lapisan kedua berupa *neuron* tetap yang *output*-nya adalah hasil dari masukan. Biasanya digunakan operator AND. Tiap-tiap *node* merepresentasikan  $\alpha$  predikat ( $w$ ) dari aturan ke- $i$ . Dengan demikian keluaran pada lapisan ke-2 adalah hasil kali derajat keanggotaan dari lapisan pertama:

$$w_1 = \mu_{A1} \times \mu_{B1} \quad 3)$$

$$w_2 = \mu_{A2} \times \mu_{B2} \quad 4)$$

Tetapi karena sistem yang digunakan satu input, maka tidak ada inferensi AND. Maka keluaran lapisan ke 2 sama dengan lapisan ke 1 [8].

### 3) Lapisan 3

Tiap neuron pada lapisan ini berupa neuron tetap (diberi simbol N) merupakan hasil perhitungan rasio dari *firing strength* ke- $i$  ( $w_i$ ) terhadap jumlah dari keseluruhan *firing strength* pada lapisan kedua, sebagai berikut [9].

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1+w_2}, i = 1,2 \quad 5)$$

Hasil ini dikenal dengan nama *normalised firing strength*.

### 4) Lapisan 4

Tiap-tiap *neuron* pada lapisan ke empat merupakan *node* adaptif terhadap suatu *output*.

$$\bar{w}_1 x_1 = (\bar{w}_1 x_1) p_1 + (\bar{w}_1 x_2) q_1 + r_1 \quad 6)$$

Dengan  $\bar{w}_i$  adalah *normalised firing strength* pada lapisan ke tiga dan  $p_i, q_i, r_i$  adalah parameter-parameter pada *neuron* tersebut. Parameter-parameter pada lapisan tersebut disebut dengan nama *consequent parameters*. Untuk menentukan koefisien parameter tersebut adalah sebagai berikut [10].

$$\begin{aligned} p_1 &= \bar{w}_i * x_1 \\ q_1 &= \bar{w}_i * x_2 \\ r_1 &= \bar{w}_i \end{aligned} \quad 7)$$

### 3.3. LSE Rekursif

Apabila dimiliki  $m$  elemen pada vektor  $Z_t$  ( $Z_t$  berukuran  $m \times 1$ ) dan  $n$  parameter  $\theta$  ( $\theta$  berukuran  $n \times 1$ ), dengan baris ke- $i$  pada matriks  $[A : Z_t]$  dinotasikan sebagai  $[a_i^T : Z_t]$ , *Least-squares estimator* ditulis sebagai berikut [10].

$$A^T A \hat{\theta} = A^T Z_t \quad 8)$$

Jika  $A^T A$  adalah *nonsingular* dan  $\hat{\theta}$  bersifat unik maka dapat diberikan:

$$\hat{\theta} = (A^T A)^{-1} A^T Z_t \quad 9)$$

atau dengan membuang  $\wedge$  dan diasumsikan jumlah baris dari pasangan  $A$  dan  $Z_t$  adalah  $k$  maka diperoleh:

$$\theta_k = (A^T A)^{-1} A^T Z_t \quad 10)$$

Pada LSE rekursif ditambahkan suatu pasangan data  $[a_i^T : Z_t]$ , sehingga terdapat sebanyak  $m + 1$  pasangan data. Kemudian LSE  $\theta_{k+1}$  dihitung dengan bantuan  $\theta_k$ . Karena jumlah parameter ada sebanyak  $n$  maka dengan metode inversi, sebagai berikut.

$$P_n = (A_n^T A_n)^{-1} \text{ dan } \theta_n = P_n A_n^T Z_{t(n)} \quad 11)$$

Selanjutnya iterasi dimulai dari data ke  $(n + 1)$ , dengan  $P_0$  dan  $\theta_0$  dihitung dengan persamaan  $P_n$  dan  $\theta_n$ , nilai  $P_{k+1}$  dan  $\theta_{k+1}$  dapat dihitung sebagai berikut.

$$P_{k+1} = P_k - \frac{(P_k a_{k+1} a_{k+1}^T P_k)}{1 + a_{k+1}^T P_k a_{k+1}} \quad 12)$$

Ada sebanyak 4 parameter yang tidak diketahui, yaitu  $c_{11}, c_{10}, c_{21}, c_{20}$ . Kita dapat menggunakan LSE rekursif untuk mencari nilai parameter-parameter tersebut. Dengan melakukan iterasi diperoleh nilai akhir sebagai berikut.

$$P = \begin{bmatrix} 316.6405 & -98.0595 & 99.7197 & -38.9577 \\ -98.0595 & 30.4373 & -27.8622 & 10.9508 \\ 99.7198 & -27.8622 & 503.1196 & -193.8441 \\ -38.9577 & 10.9508 & -193.8441 & 70.9568 \end{bmatrix}$$

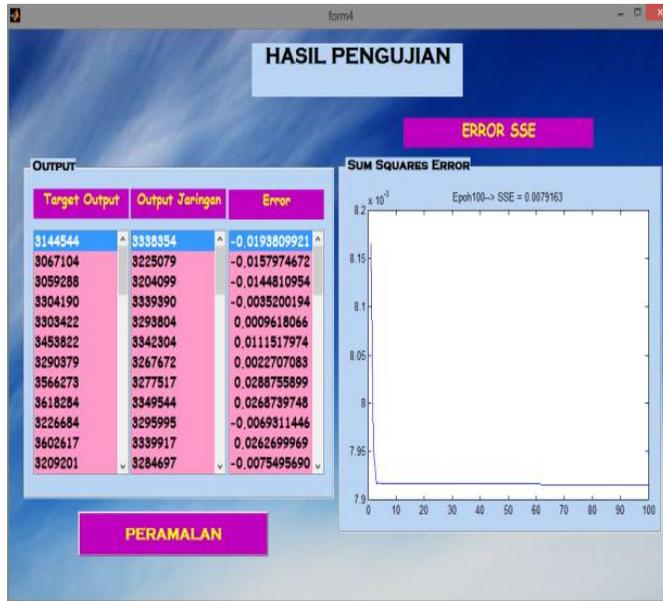
$$\theta = \begin{bmatrix} 0.7411 \\ 0.1062 \\ 0.7030 \\ 0.1146 \end{bmatrix}$$

### 3.4. Pengujian Sistem

Setelah sistem dirancang dan digunakan sebagai sistem peramalan pemakaian air di PDAM Tirta Moedal Semarang, maka harus diuji tingkat akurasi sistem. Langkah pertama ketika menjalankan program sistem peramalan pemakaian air adalah dengan memasukkan data kedalam *form* pelatihan seperti Gambar 3 *input* nilai-nilai yang diperlukan yaitu masukkan data pemakaian air dan target *output* lalu dilanjutkan mengisi data-data pelatihan. Data pelatihan disini adalah klas, maksimum epoh, eror, *learning rate* dan momentum. Data pelatihan klas = 2, maksimum epoh = 100, toleransi error =  $10^{-6}$ , laju pembelajaran = 0.9 dan momentum 0.6. Isi semua data seperti pada Gambar 3.

Gambar 3. Form pelatihan

Setelah itu tekan tombol uji data lalu didapatkan hasil seperti pada Gambar 4 yaitu hasil pelatihan menggunakan metode ANFIS untuk peramalan pemakaian air serta error tiap-tiap pengujian dan grafik *sum square error*.



Gambar 4. Hasil pelatihan

Langkah selanjutnya adalah tekan tombol peramalan untuk mengetahui peramalan pemakaian air pada bulan Januari 2015 sampai April 2015. Tampilan *form* hasil peramalan terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil peramalan pemakaian air

### 3.5. Hasil Analisis Peramalan ANFIS

Pada bagian ini dibahas mengenai hasil dari sistem yang telah dirancang dan dibuat. Pembuatan program dengan metode *adaptive neuro fuzzy inference system* dilatih dengan memasukkan klas = 2, maksimum epoch = 100, *error* =  $10^{-6}$ , *learning rate* rentang 0.6 sampai 0.9, dan momentum rentang 0.6 sampai 0.9. Tabel 4.10 menunjukkan hasil perbandingan *sum square error* yang nilai momentumnya adalah 0.9 dan rentang nilai *learning rate* dari 0.6 sampai 0.9. Berdasarkan Tabel 1 nilai SSE yang terkecil adalah 0.0079533 dengan *learning rate* 0.9.

**Tabel 1.** Perbandingan nilai *learning rate*

<i>Learning Rate</i>	SSE
0.6	0.0079533
0.7	0.0081487
0.8	0.0079731
0.9	0.0080115

Sedangkan Tabel 2 menunjukkan hasil perbandingan *sum square error* yang nilai *learning rate* adalah 0.9 dan rentang nilai momentum dari 0.6 sampai 0.9. Berdasarkan Tabel 1 nilai SSE yang terkecil adalah 0.0079163 dengan momentum 0.6.

**Tabel 2.** Perbandingan nilai momentum

Momentum	SSE
0.6	0.0079163
0.7	0.0079399
0.8	0.0079511
0.9	0.0080115

Perhitungan *error* di sini menggunakan *Sum Square Error* (SSE). SSE yaitu salah satu metode statistik yang dipergunakan untuk mengukur selisih total dari nilai sebenarnya terhadap nilai yang tercapai. Istilah SSE disebut juga sebagai *Summed Square of Residuals* [11].

$$SSE = \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2 \quad 13)$$

Nilai X dalam tulisan ini adalah nilai nilai aktual atau sebenarnya sedangkan nilai Y adalah nilai yang tercapai. Nilai SSE yang mendekati 0 menandakan bahwa model tersebut mempunyai komponen kesalahan acak terkecil dan nilai tersebut akan lebih berguna untuk peramalan terhadap suatu model yang diamati. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan nilai *learning rate* dan momentum terbaik adalah 0.9 dan 0.6.

Pada Tabel 3 menunjukkan hasil peramalan pemakaian air pada tahun 2015 menggunakan ANFIS dan eror yang terjadi antara target *output* dan *output* peramalan pada tiap bulannya.

**Tabel 3.** Hasil peramalan pada tahun 2015

Data Bulan	Output Peramalan (m <sup>3</sup> )
Januari	3,768,083
Februari	3,623,421
Maret	3,624,532
April	3,735,794
Mei	3,764,846
Juni	3,797,491
Juli	3,624,794
Agustus	4,005,390
September	3,746,238
Oktober	3,982,483
November	3,837,575
Desember	3,741,408

Hasil peramalan pemakaian air pada Tabel 3 akan dibandingkan dengan data pemakaian air dari PDAM Tirta Moedal Semarang. Data pemakaian air yang diambil dari PDAM hanya pada bulan Januari 2015 sampai April 2015, hal itu dikarenakan data pada bulan Mei 2015 sampai Desember 2015 belum keluar.

Pada Tabel 4 menunjukkan perbandingan antara data pemakaian air di PDAM dengan data peramalan pemakaian air dengan menggunakan metode ANFIS untuk bulan Januari 2015 sampai April 2015.

**Tabel 4.** Perbandingan peramalan pada tahun 2015

Data ke	Pemakaian air (m <sup>3</sup> )	Peramalan (m <sup>3</sup> )	Error
1	3,785,671	3,768,083	0,00176
2	3,557,521	3,623,421	-0,00659
3	3,477,826	3,624,532	-0,01467
4	3,819,222	3,735,794	0,00834

Dari Tabel 4 menunjukkan pemakaian air di PDAM Tirta Moedal Semarang pada bulan Januari adalah 3.785.671 m<sup>3</sup> lalu pada bulan Februari adalah 3.557.521 m<sup>3</sup> lalu Maret adalah 3.477.826 m<sup>3</sup> dan April adalah 3.819.222 m<sup>3</sup>. Sedangkan dari hasil peramalan menggunakan metode ANFIS untuk pemakaian air pada bulan Januari adalah 3.768.083 m<sup>3</sup> dengan *error* 0.00176 lalu Februari adalah 3.623.421 m<sup>3</sup> dengan *error* -0.00659 lalu Maret adalah 3.624.532 m<sup>3</sup> dengan *error* -0.01467 dan April adalah 3.735.794 m<sup>3</sup> dengan *error* 0.00834. Hasil peramalan pemakaian air dengan metode ANFIS menunjukkan bahwa *error* yang dihasilkan relatif kecil.

Dari hasil peramalan pemakaian air pada bulan Januari 2015 sampai April 2015 menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system* didapatkan hasil peramalan pemakaian air pada bulan Januari adalah 3.768.083 m<sup>3</sup>, lalu Februari adalah 3.623.421 m<sup>3</sup>, Maret adalah 3.624.532 m<sup>3</sup>, dan April adalah 3.735.794 m<sup>3</sup>. Sedangkan data pemakaian air di PDAM pada bulan Januari 2014 adalah 3.785.714 m<sup>3</sup>, lalu pada bulan Februari adalah 3.480.641 m<sup>3</sup>, lalu Maret adalah 3.482.469 m<sup>3</sup> dan April adalah 3.717.676 m<sup>3</sup>.

Dari hasil peramalan pemakaian air untuk bulan Januari 2015 mengalami penurunan pemakaian air, salah satu faktor yang menyebabkan penurunan pemakaian air adalah karena faktor cuaca, pada bulan Januari cuaca yang terjadi di daerah Semarang tidak menentu, sehingga menghambat produksi air di PDAM yang menyebabkan pemakaian air mengalami penurunan. Namun untuk peramalan pada bulan Februari, Maret dan April tahun 2015 mengalami kenaikan dari tahun sebelumnya, ini ditunjukkan karena data peramalan cenderung naik dari tahun 2014 ke tahun 2015. Karena data peramalan cenderung naik maka pihak PDAM dianjurkan untuk meningkatkan jumlah produksi air bersih agar tidak mengalami kekurangan dalam pendistribusian air bersih di kota Semarang.

#### **4. SIMPULAN**

Pengimplementasian metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* dalam peramalan pemakaian air yang pertama adalah membuat rancangan *flowchart*, melakukan *clustering* data menggunakan *fuzzy C-Mean*, menentukan *neuron* tiap-tiap lapisan, mencari nilai parameter dengan menggunakan LSE rekursif, lalu penentuan perhitungan *error* menggunakan *sum square error* (SSE) dan membuat sistem peramalan pemakaian air dengan *software* MATLAB.

Setelah dilakukan percobaan dengan memasukkan variabel klas = 2, maksimum epoch = 100, *error* = 10<sup>-6</sup>, rentang nilai *learning rate* = 0.6 sampai 0.9, dan rentang nilai momentum = 0.6 sampai 0.9. Hasil yang menunjukkan SSE paling kecil adalah nilai *learning rate* 0.9 dan momentum 0.6 dengan SSE 0.0079163. Hasil peramalan pemakaian air dengan metode ANFIS untuk bulan Januari adalah 3.768.083 m<sup>3</sup> dengan *error* sebesar 0.00176, lalu Februari adalah 3.623.421 m<sup>3</sup> dengan *error* -0.00659, Maret adalah 3.624.532 m<sup>3</sup> dengan *error* -0.01467, dan April adalah 3.735.794 m<sup>3</sup> dengan *error* 0.00834. Hasil peramalan pemakaian air dengan metode ANFIS menunjukkan bahwa *error* yang dihasilkan relatif kecil.

#### **5. REFERENSI**

- [1] Widowati, Sutimin. 2007. *Buku Ajar Pemodelan Matematika*. Semarang: Jurusan Matematika UNDIP.
- [2] PDAM Semarang. 2014. (Online), (<https://humaspdamsmg.wordpress.com/>, Diakses 12 Nopember 2014).
- [3] Pakaja, F. Naba A. dan Purwanto. 2012. Peramalan Penjualan Mobil Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dan *Certainty Factor*. *Jurnal EECCIS*. Vol. 6(1): 23-28.

- [4] Wayan, A.W., Suyitno, H. dan Mashuri. 2012. Aplikasi *Fuzzy Linear Programming* Produksi Dalam Optimalisasi. *UNNES Journal of Mathematics*. Vol.1: 1-7.
- [5] Fatkhurrozi, B, Muslim, MA dan Didik RS. 2012. Penggunaan *Artificial Neuro Fuzzy Inference Sistem* (ANFIS) dalam Penentuan Status Aktivitas Gunung Merapi. *Jurnal EECCIS*. Vol. 6(2): 113-118.
- [6] Jang, JSR. 1993. ANFIS: Adaptive-Network-Based *Fuzzy Inference System*. *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*. Vol. 23: 665-685.
- [7] Tjahjono, A., Martiana, E dan Ardhinata, TH. 2011. Penerapan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) Untuk Sistem Pengambilan Keputusan Distribusi Obat pada Sistem Informasi Terintegrasi Puskesmas dan Dinas Kesehatan. *Electronic Engineering Polytechnic Institute of Surabaya (EEPIS), Indonesia*. Vol. 4(1): 338-344.
- [8] Defit, S. 2013. Perkiraan Beban Listrik Jangka Pendek Dengan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. *Jurnal Ilmiah Sains dan Komputer (SAINTIKOM)*. Vol. 12(3): 165-176
- [9] Kusumadewi, S., Hartati, S. 2006. *Neuro Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [10] Oktavia, SN. Mara, M dan Satyahadewi, N. 2013. Pengelompokan kinerja Dosen Jurusan Matematika FMIPA Untan Berdasarkan Penilaian Mahasiswa Menggunakan Metode Ward. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*. Vol. 2(2): 93 – 100.