

## METODE SIKLIS DAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM UNTUK PERAMALAN CUACA

Fahrur Rozi<sup>1)</sup>, Farid Sukmana<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Pendidikan Teknologi Informasi, STKIP PGRI Tulungagung  
Jl Mayor Sujadi Timur no.7. Tulungagung

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Informatika Universitas, Muhammadiyah Gresik  
Jl Sumatera No. 101 GKB Gresik 61121

e-mail: [rozi.fahrur04@gmail.com](mailto:rozi.fahrur04@gmail.com)<sup>1)</sup>, [faridsukmana@outlook.com](mailto:faridsukmana@outlook.com)<sup>2)</sup>

### ABSTRAK

Perubahan cuaca yang sering tidak menentu menjadikan cuaca tidak dapat diperkirakan kondisinya di masa yang akan datang. Sehingga dalam penelitian ini digunakan sebuah metode yang dapat meramalkan kondisi cuaca dalam rentang waktu beberapa bulan mendatang, yaitu Metode Siklis dan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) untuk peramalan cuaca. Data yang digunakan berasal dari BMKG Karangploso, Malang dengan menggunakan empat buah parameter yang mempengaruhi kondisi cuaca, yaitu suhu, tekanan udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin. Selain penggunaan ANFIS dalam penelitian ini juga akan digunakan metode Siklis untuk meramalkan nilai parameter cuaca. Performa model ini dapat dimaksimalkan dengan menggunakan nilai laju pembelajaran 0.3 yang menghasilkan tingkat akurasi mencapai 76.67 %.

**Kata Kunci:** ANFIS, Cuaca, Metode Siklis, Peramalan

### ABSTRACT

The erratic of weather changes make weather conditions unpredictable in the future. Thus, in this study we used a method that could predict the weather conditions in the span of a few months, the method is Cyclical and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) for weather forecasting. The data that used came from BMKG Karangploso, Malang that using four parameters that affect weather conditions, such as temperature, air pressure, humidity, and wind speed. In addition used of ANFIS in this study will also be used Cyclical method for predicting the weather parameter values. The performance of this model can be maximized by using the value of the learning rate 0.3 that produces an accuracy of 76.67%.

**Keywords:** ANFIS, Weather, Cyclical Method, Forecasting.

### I. PENDAHULUAN

Peramalan (forecasting) merupakan suatu kegiatan yang memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa mendatang. Pencarian metode untuk peramalan cuaca merupakan salah satu kegiatan yang akhir-akhir ini banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Hal ini dikarenakan banyaknya tuntutan dari berbagai pihak yang membutuhkan informasi cepat, lengkap, dan akurat. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebagai perusahaan negara yang bertugas sebagai pengamat cuaca mampu memprediksikan cuaca melalui metode konvensional baik itu metode statistik maupun dinamik yang mencakup radius 5-10 km di daratan, dan sekitar  $\pm 50$  km di lautan untuk satu titik pengamatan di wilayah yang dapat diprediksikan [1].

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pernah melakukan prediksi curah hujan dengan menggunakan metode ARIMA dan Transformasi Wavelet [2]. Terdapat beberapa metode yang sering diterapkan dalam peramalan cuaca diantaranya, penelitian mengenai peramalan cuaca dengan menggunakan fuzzy clustering [3], Jaringan syaraf tiruan [4], serta peramalan cuaca dengan metode Moving Average dan Klasifikasi Naïve Bayes [5]. Penggunaan ANFIS yang merupakan metode hybrid antara fuzzy dan jaringan syaraf tiruan juga pernah digunakan dalam peramalan cuaca [6]. Cuaca memiliki sifat fluktuatif dalam musiman sehingga untuk meramalkan digunakan suatu model siklis [7].

ANFIS merupakan perpaduan antara konsep Jaringan Syaraf Tiruan dan konsep Logika Fuzzy. Jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan struktur jaringan dimana keseluruhan tingkah laku input-output ditentukan oleh sekumpulan parameter-parameter yang dimodifikasi. Keunggulan dari sistem JST ini adalah kemampuan belajar terhadap informasi numerik melalui proses pembelajaran untuk memperbaiki parameter pada fungsi pembobot dan fungsi aktivasinya. Sementara untuk menentukan aturan-aturan akan dimasukkan kedalam basis kaidah sistem fuzzy dan kesulitan yang dijumpai dalam menentukan jumlah lapisan yang akan digunakan dalam struktur jaringan syaraf, dapat diatasi dengan menggabungkan kedua sistem ini menjadi neuro-fuzzy (ANFIS). Metode

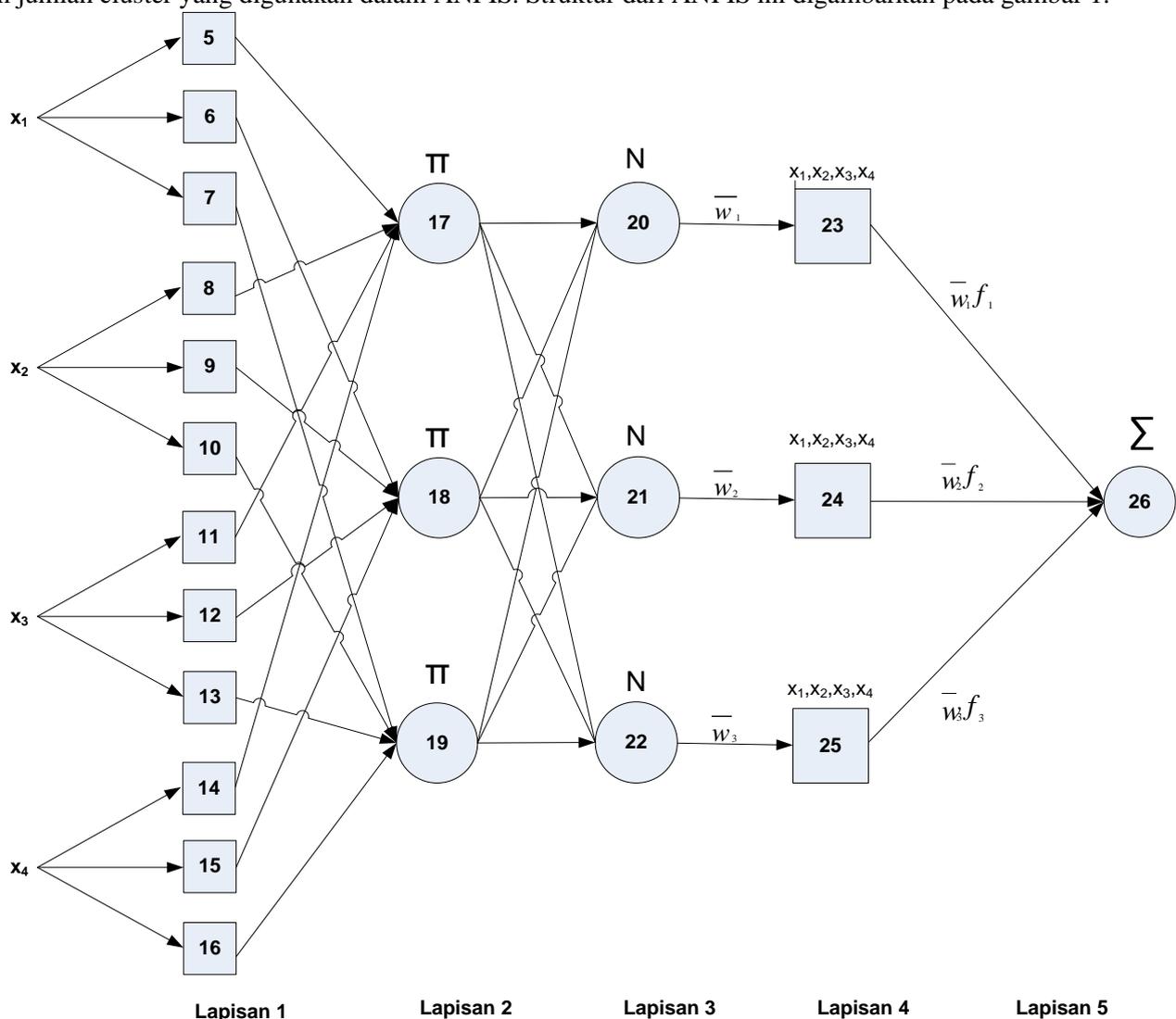
Siklis memiliki kelebihan dalam meramalkan dalam rentang waktu tertentu yang memiliki sifat fluktuatif [7]. Sehingga dengan adanya kelebihan antara ANFIS dan metode siklis maka akan dikembangkan metode siklis dan adaptive neuro fuzzy inference system untuk peramalan cuaca.

## II. METODE

Metode penelitian ini terdiri atas beberapa bagian utama, diantaranya adalah pembelajaran dengan pencarian parameter premis dan konsekuen yang optimal menggunakan ANFIS, serta tahap peramalan cuaca dengan mendapatkan nilai parameter cuaca yaitu: suhu, tekanan udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin menggunakan metode siklis.

### A. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

Pada penelitian ini digunakan empat buah parameter unsur cuaca ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ) dimana setiap parameter memiliki 3 buah variabel linguistik yang digunakan sebagai input ANFIS dan tiga kategori output yang berperan dalam jumlah cluster yang digunakan dalam ANFIS. Struktur dari ANFIS ini digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur ANFIS

Penjelasan dari tiap-tiap lapisan pada arsitektur jaringan ANFIS :

#### Lapisan 1

Semua simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif (parameter dapat berubah) dengan fungsi simpul pada persamaan 1 :

$$\begin{aligned} O_{1,i} &= \mu_{A_i}(x), \text{ untuk } i = 1,2, \text{ atau} \\ O_{1,i} &= \mu_{B_{i-2}}(y), \text{ untuk } i = 3,4 \end{aligned} \quad (1)$$

dengan x dan y adalah masukan pada simpul i,  $A_i$ (atau  $B_{i-2}$ ) adalah fungsi keanggotaan masing-masing simpul. Simpul  $O_{1,i}$  berfungsi untuk menyatakan derajat keanggotaan tiap masukan terhadap himpunan fuzzy A dan B. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah jenis generalized bell (gbell), fungsi ini dapat dilihat pada persamaan 2 :

$$\text{bell}(x, a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (2)$$

Parameter a, b, c, pada fungsi keanggotaan gbell dinamakan parameter premis yang adaptif.

### Lapisan 2

Semua simpul pada lapisan ini adalah nonadaptif (parameter tetap). Fungsi simpul ini adalah mengalikan setiap sinyal masukan yang datang. Fungsi simpul seperti pada persamaan 3 :

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_i}(y), i = 1,2 \quad (3)$$

Tiap keluaran simpul menyatakan derajat pengaktifan (firing strength) tiap aturan fuzzy. Fungsi ini dapat diperluas apabila bagian premis memiliki lebih dari dua himpunan fuzzy. Banyaknya simpul pada lapisan ini menunjukkan banyaknya aturan yang dibentuk.

### Lapisan 3

Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul nonadaptif yang menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi (normalized firing strength) yaitu rasio keluaran simpul ke-i pada lapisan sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya, dengan bentuk fungsi simpul seperti pada persamaan 4 :

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1,2 \quad (4)$$

Apabila dibentuk lebih dari dua aturan, fungsi dapat diperluas dengan membagi  $w_i$  dengan jumlah total w untuk semua aturan.

### Lapisan 4

Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul seperti pada persamaan 5 :

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (c_{i1}x_1 + c_{i2}x_2 + c_{i0}) \quad (5)$$

dengan  $\bar{w}_i$  adalah derajat pengaktifan ternormalisasi dari lapisan 3 dan parameter  $c_{i,1}$ ,  $c_{i,2}$ ,  $c_{i,0}$  menyatakan parameter konsekuen yang adaptif.

### Lapisan 5

Pada lapisan ini hanya ada satu simpul tetap yang fungsinya untuk menjumlahkan semua masukan. Fungsi simpul seperti pada persamaan 6 :

$$O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (6)$$

Jaringan ini merupakan tipe pembelajaran supervised learning yang bertujuan untuk melatih jaringan adaptive yang berada pada layer pertama dan layer keempat.

ANFIS merupakan algoritma pembelajaran hybrid, yaitu menggunakan metode steepest descent dan least square estimator. Pada alur maju tepatnya pada lapisan keempat yang merupakan lapisan adaptive akan dilatih parameter konsekuen ( $c_{i,1}$ ,  $c_{i,2}$ ,  $c_{i,0}$ ) dengan menggunakan Least Square Estimator. Jika diketahui output aktual cuaca (y) dengan matriks desain (A) maka dapat diexpresikan ke persamaan 7 :

$$A\theta = y \quad (7)$$

Penyelesaian terbaik untuk  $\theta$ , yang meminimalkan  $\|A\theta - y\|^2$  adalah Least Square Estimator (LSE)  $\theta^*$  :

$$\theta^* = (A^T A)^{-1} A^T y \quad (8)$$

Sementara pada alur mundur tepatnya pada lapisan pertama, parameter premis (a, b, c) akan dilatih menggunakan Steepetst Descent

**B. Metode Siklis**

Setelah ditemukannya parameter premis dan parameter konsekuen untuk melakukan peramalan maka dibutuhkan nilai parameter unsur cuaca untuk meramalkan kondisi cuaca pada hari ke-(T+1). Metode untuk meramalkan nilai parameter unsur cuaca ini adalah metode Siklis. Untuk pola data yang bersifat siklis atau musiman, persamaan garis yang mewakili dapat didekati dengan fungsi trigonometri pada persamaan 9, yaitu:

$$Y'(t) = a + u \cos \frac{2\pi}{n}t + v \sin \frac{2\pi}{n}t \tag{9}$$

Dimana n adalah jumlah periode peramalan.

Untuk jumlah kuadrat kesalahan terkecil dapat didefinisikan kedalam persamaan 10 :

$$E = \sum_{i=1}^n [Y(t) - a - u \cos \frac{2\pi}{n}t - v \sin \frac{2\pi}{n}t]^2 \tag{10}$$

Berdasarkan rumus 10, didapatkan diskriminannya yang ditunjukkan pada persamaan 11 :

$$\begin{vmatrix} k' & 1 & \cos \frac{2\pi}{n}t & \sin \frac{2\pi}{n}t \\ \sum k & n & 0 & 0 \\ \sum k \cos \frac{2\pi}{n}t & 0 & \frac{n}{2} & 0 \\ \sum k \sin \frac{2\pi}{n}t & 0 & 0 & \frac{n}{2} \end{vmatrix} \tag{11}$$

Sehingga dapat dijabarkan :

$$\begin{aligned} k' \begin{vmatrix} n & 0 & 0 \\ 0 & \frac{n}{2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{n}{2} \end{vmatrix} - 1 \begin{vmatrix} \sum k & 0 & 0 \\ \sum k \cos \frac{2\pi}{n}t & \frac{n}{2} & 0 \\ \sum k \sin \frac{2\pi}{n}t & 0 & \frac{n}{2} \end{vmatrix} + \cos \frac{2\pi}{n}t \begin{vmatrix} \sum k & n & 0 \\ \sum k \cos \frac{2\pi}{n}t & 0 & 0 \\ \sum k \sin \frac{2\pi}{n}t & 0 & \frac{n}{2} \end{vmatrix} \\ - \sin \frac{2\pi}{n}t \begin{vmatrix} \sum k & n & 0 \\ \sum k \cos \frac{2\pi}{n}t & 0 & \frac{n}{2} \\ \sum k \sin \frac{2\pi}{n}t & 0 & 0 \end{vmatrix} = 0 \end{aligned} \tag{12}$$

Untuk mengetahui performa dari model ANFIS ini kan digunakan Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2}{N}} \tag{13}$$

Selain itu untuk mengukur tingkat akurasi juga digunakan persamaan dibawah ini :

$$Akurasi = \frac{\sum \text{angka benar}}{\sum \text{angka pengujian}} * 100\% \tag{14}$$

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil uji coba serta evaluasi dari metode yang diusulkan dalam penelitian ini. Metode dalam penelitian ini diaplikasikan dengan didukung oleh hardware dan software dengan

spesifikasi Processor Intel® Core™2 Duo T5750@2.00Ghz, memori 1014 MB, sistem operasi Windows 7, dan menggunakan Java Netbeans 6.9.1 dengan jdk1.6.0\_18.

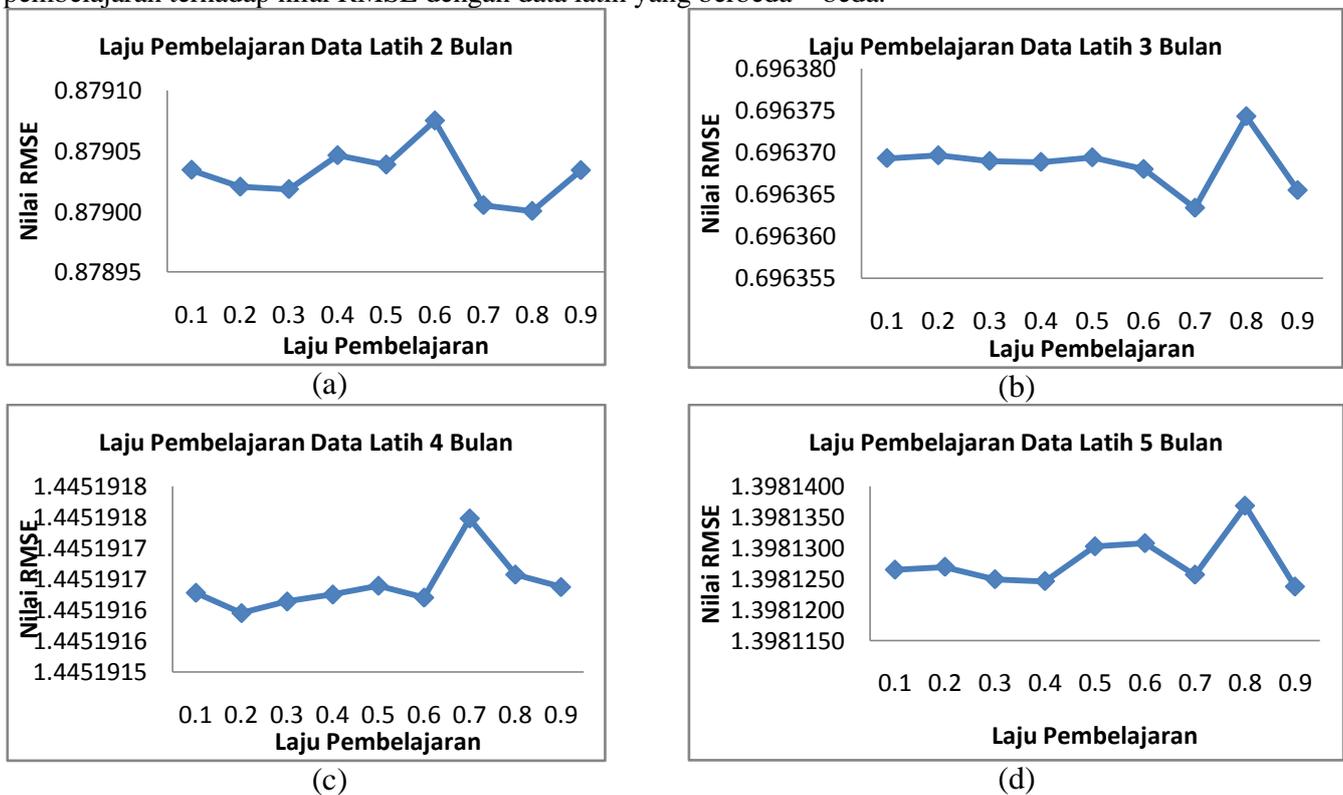
**A. Dataset**

Data yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari data BMKG Karangploso Kabupaten Malang mulai bulan Januari 2011 – Januari 2012. Terdapat tiga buah kategori output untuk kondisi cuaca, yaitu : cerah, mendung, dan hujan dengan empat parameter unsur cuaca, yaitu : suhu, tekanan udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin.

**B. Pengujian**

Pengujian dilakukan dengan menggunakan data cuaca bulan Januari 2011 hingga Januari 2012. Data latih yang digunakan terdiri dari 4 interval waktu, yaitu : data latih 2 bulan (Januari 2011 – Februari 2011), data latih 3 bulan (Januari 2011 – Maret 2011), data latih 4 bulan (Januari 2011 – April 2011), dan data latih 5 bulan (Januari 2011 – Mei 2011). Sementara data uji yang digunakan adalah 1 bulan setelah data latih.

Pengujian pertama adalah mencari laju pembelajaran terbaik dengan membandingkan pengaruh laju pembelajaran terhadap nilai RMSE dengan data latih yang berbeda – beda.



Gambar 2. Grafik pengaruh laju pembelajaran terhadap nilai RMSE dengan data latih (a) 2 bulan, (b) 3 bulan, (c) 4 bulan, dan (d) 5 bulan

Grafik diatas merupakan grafik pengaruh laju pembelajaran terhadap nilai RMSE dengan data latih yang berbeda-beda. Pada keempat grafik dengan data latih yang berbeda beda rentang laju pembelajaran antara 0.5 – 0.9 memiliki pergerakan grafik yang berubah – ubah. Laju pembelajaran 0.8 merupakan laju pembelajaran dengan nilai RMSE terendah, namun pada data latih 3 bulan dan data latih 5 bulan laju pembelajaran 0.8 merupakan laju pembelajaran dengan nilai RMSE tertinggi. Sementara pada data latih 4 bulan nilai RMSE terendah terdapat pada laju pembelajaran 0.2 dengan 0.7 sebagai laju pembelajaran dengan nilai RMSE tertinggi. Sehingga penggunaan laju pembelajaran antara rentang 0.5 – 0.9 sebagai laju pembelajaran global dalam peramalan cuaca dengan ANFIS ini kurang tepat. Sebaliknya penggunaan laju pembelajaran antara rentang 0.1 – 0.4 cukup tepat karena tidak mengalami begitu banyak perubahan terutama di laju pembelajaran 0.3.

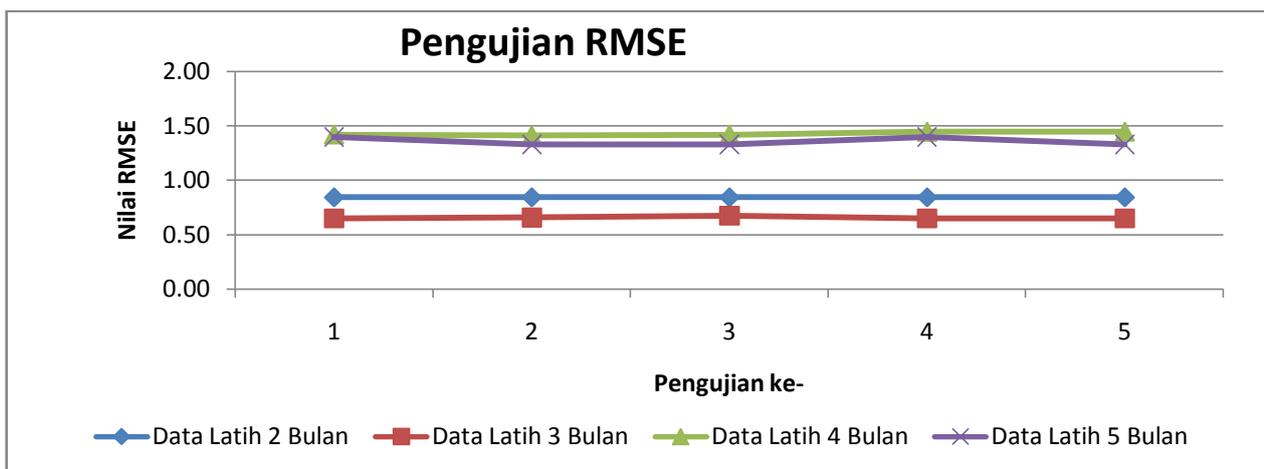
Pengujian kedua adalah mencari nilai tingkat akurasi terbaik dari data latih yang berbeda - beda.

Tabel 1. Pengujian Tingkat Akurasi

Tingkat Akurasi			
2 Bulan	3 Bulan	4 Bulan	5 Bulan
74.19%	76.67%	48.39%	10%

Berdasarkan grafik 3 terlihat tingkat akurasi yang dihasilkan dengan menggunakan data latih 2 bulan yaitu bulan Januari - Februari dengan data uji bulan Maret yaitu 74.19%. Untuk data latih 3 bulan yaitu bulan Januari – Maret dengan data uji bulan April menghasilkan tingkat akurasi sebesar 76.67%. Untuk penggunaan data latih 4 bulan yaitu bulan Januari– April dengan data uji bulan Mei dihasilkan nilai tingkat akurasi sebesar 48.39%. Sementara untuk penggunaan data latih 5 bulan yaitu bulan Januari – Mei dengan data uji bulan Juni menghasilkan tingkat akurasi 10%. Berdasarkan hasil dari tingkat akurasi bahwa semakin banyak jumlah data latih tidak menjamin bahwa tingkat akurasi lebih baik, bahkan dalam gambar 3 tingkat akurasi semakin buruk dengan bertambahnya data latih kecuali untuk data latih 3 bulan. Hal ini dapat disebabkan penggunaan jumlah data latih yang relatif kecil memungkinkan data latih masih dalam satu musim yang sama sehingga tingkat akurasi yang dihasilkan tinggi dan penggunaan data uji yang berada dalam satu musim yang sama dengan data latih akan memberikan nilai tingkat akurasi yang tinggi

Pengujian ketiga adalah pengaruh data latih terhadap nilai RMSE yang dilakukan 5 kali percobaan untuk tiap data latih.



Gambar 3. Grafik RMSE Peramalan Kondisi Cuaca

Pada gambar grafik 3 terlihat bahwa pada penggunaan data latih 2 bulan relatif stabil tidak mengalami kenaikan dan penurunan error yang signifikan. Pada data latih 2 bulan ini rata-rata error dengan RMSE adalah 0.842467517694934. Pada grafik data latih 3 bulan terlihat bahwa grafik relatif stabil, perubahan hanya terlihat ketika percobaan ketiga nilai RMSE mengalami peningkatan. Untuk data latih 3 bulan ini rata-rata error dengan RMSE adalah 0.656035190984273. Pada grafik data latih 4 bulan terlihat pada percobaan pertama hingga percobaan kelima nilai error RMSE relatif stabil dengan rata-rata error dengan RMSE adalah 1.429218611563530. Sementara untuk data latih 5 bulan banyak mengalami perubahan disetiap uji coba, nilai error dengan RMSE data latih 5 bulan ini adalah 1.356353707159440.

Berdasarkan beberapa pengujian yang berbeda dalam penelitian peramalan cuaca ini, dapat dikatakan bahwa besarnya data latih tidak menjamin nilai tingkat akurasi yang dihasilkan akan besar ataupun nilai error RMSE akan kecil. Berikut beberapa hal yang mempengaruhi besar dan kecilnya tingkat akurasi dan nilai RMSE :

Penggunaan jumlah data latih yang relatif kecil memungkinkan data latih masih dalam satu musim yang sama sehingga tingkat akurasi yang dihasilkan tinggi sementara nilai RMSE yang dihasilkan rendah. Begitu juga sebaliknya penggunaan jumlah data latih yang relatif besar memungkinkan data latih berada dalam musim yang berbeda sehingga tingkat akurasi yang dihasilkan kecil dan nilai RMSE tinggi

Penggunaan data uji yang berada dalam satu musim yang sama dengan data latih akan memberikan nilai tingkat akurasi yang tinggi sementara nilai RMSE yang dihasilkan rendah, hal ini dipengaruhi oleh peramalan unsur – unsur cuaca yang digunakan sebagai parameter input diperoleh dengan menggunakan metode siklis yang hasilnya sangat bergantung dengan data latih yang digunakan. Begitu juga sebaliknya untuk penggunaan data uji yang berada pada musim berbeda.

Perbedaan kondisi cuaca yang dihasilkan terhadap suatu nilai parameter unsur – unsur cuaca yang sama, misal : suhu udara 24<sup>o</sup>C, kelembapan 88 %, kecepatan angin 6 knots, dan tekanan udara 943 mb menghasilkan kondisi cuaca hujan, namun pada hari berikutnya dengan nilai parameter yang hampir sama memiliki kondisi cuaca yang berbeda . Hal ini sangat berpengaruh ketika proses clustering.

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian metode siklis dan adaptive neuro fuzzy inference system untuk peramalan cuaca adalah :

- Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) diimplementasikan untuk meramalkan kondisi cuaca dengan menggunakan parameter unsur-unsur cuaca, yaitu suhu, tekanan udara, kecepatan angin, dan kelembapan udara. Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan pengelompokan data menggunakan K-Means Clustering, kemudian melakukan metode ANFIS dengan menggunakan rule dari metode Sugeno (TSK) dengan pengimplementasian dalam bentuk jaringan syaraf tiruan (JST) dengan 5 layer yang terdiri dari 3 layer tetap, yaitu layer 2, 3, dan 5 serta 2 layer adaptif, yaitu layer 1 dan 4. Layer 1 merupakan parameter premis yang akan diperbaiki menggunakan steepest descent dan layer 4 merupakan parameter konsekuen yang akan diperbaiki menggunakan Least Square Estimator (LSE).
- Metode Siklis diimplementasikan dengan membangkitkan nilai parameter – parameter cuaca pada waktu t+1
- Nilai laju pembelajaran yang digunakan untuk memaksimalkan hasil peramalan cuaca dengan menggunakan ANFIS adalah 0.3.
- Tingkat akurasi terbaik yang dihasilkan dari penelitian peramalan cuaca dengan menggunakan ANFIS ini adalah 76.67% dengan data latih 3 bulan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prita Meilanitasari, *Prediksi Cuaca Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Kelayakan Pelayaran di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*. Surabaya, 2010.
- [2] JSR Jang, Sun CT, and Mizutani E., *Neuro Fuzzy and Soft Computing*. London: Prentice Hall, 1997.
- [3] Ashkan Zarnani and Petr Musilek, "Modeling Forecast Uncertainty Using Fuzzy Clustering," *Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications*, vol. 188, pp. 287-296, 2013.
- [4] Kumar Abishek, M.P Singh, Saswata Ghosh, and Abhisek Anand, "Weather forecasting model using Artificial Neural Network," in *Procedia Technology*, India, 2012, pp. 311-318.
- [5] Mohammad Aminuddin, *Peramalan Cuaca Kota Surabaya Tahun 2011 Menggunakan Metode Moving Average dan Klasifikasi Naïve Bayes*. Surabaya, 2011.
- [6] Mehmet Tektas, "Weather Forecasting Using ANFIS and ARIMA MODELS," *Environmental Research, Engineering and Management*, vol. 51, no. 1, pp. 5-10, 2010.
- [7] Sella Nofriska Sudrimo, *PERAMALAN DATA DERET BERKALA MENGGUNAKAN METODE PEMULUSAN EKSPONENSIAL TRIPLE*. Lampung, Indonesia, 2016.