

PERAMALAN CUACA MENGGUNAKAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)

Fahrur Rozi¹; Candra Dewi²; Achmad Ridok³

Program Studi Ilmu Komputer, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer
Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang, 65145, Indonesia

E-mail : rozifahrur04@gmail.com; dewi_candra@ub.ac.id; acridokb@ub.ac.id

ABSTRAK

Perubahan cuaca yang sering tidak menentu menjadikan cuaca tidak dapat diperkirakan kondisinya di masa yang akan datang. Dalam penelitian ini digunakan sebuah metode yang dapat meramalkan kondisi cuaca, yaitu Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). 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, Peramalan

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 ± 50 km di lautan untuk satu titik pengamatan di wilayah yang dapat diprediksikan [13].

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pernah melakukan prediksi curah hujan dengan menggunakan metode ARIMA dan Transformasi Wavelet[8]. Pada penelitian sebelumnya juga telah dilakukan peramalan menggunakan fuzzy clustering yang mampu menghasilkan

keakuratan sebesar 69% dengan data uji sebanyak 304 data [2]. Selanjutnya prediksi cuaca maritim menggunakan jaringan syaraf tiruan yang menghasilkan keakuratan prediksi untuk arus laut sebesar 60,7%, gelombang laut laut sebesar 72,4%, dan prediksi curah hujan sebesar 26,122% [10]. Penggunaan peramalan statistik untuk prediksi curah hujan dengan menggunakan metode Kalman Filter yang menghasilkan koefisien korelasi antara 39% - 79% nilai ini menunjukkan prediksi yang dihasilkan cukup baik [20]. Serta peramalan cuaca dengan metode Moving Average dan Klasifikasi Naïve Bayes [1]. Penggunaan ANFIS sebagai metode prediksi juga pernah dilakukan yang menghasilkan tingkat akurasi mencapai 77% [15].

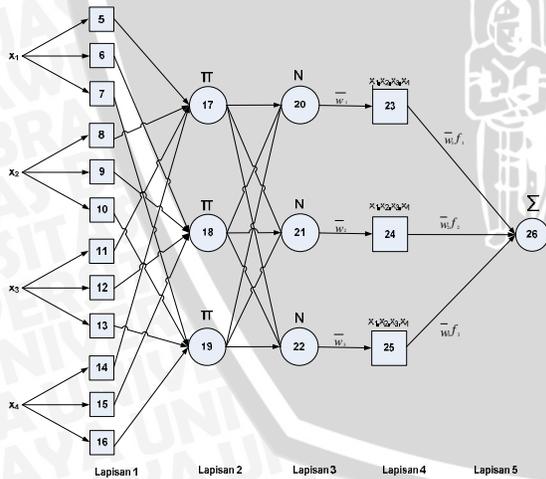
ANFIS merupakan perpaduan antara konsep Jaringan Syaraf Tiruan dan konsep Logika Fuzzy. Jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan struktur jaringan dimana keseluruhan tingkah laku *input-output* ditentukan oleh sekumpulan parameter-parameter yang dimodifikasi. Keunggulan dari sistem JST ini adalah kemampuan 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).

II. METODE PENELITIAN

Data. 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.

Model ANFIS. Pada penelitian ini digunakan empat buah parameter unsur cuaca 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 Desain 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 :

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

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 :

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

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 :

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

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 :

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

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 :

$$A\theta = y \tag{7}$$

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

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

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

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 rumus 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 rumus 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 :

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

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

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

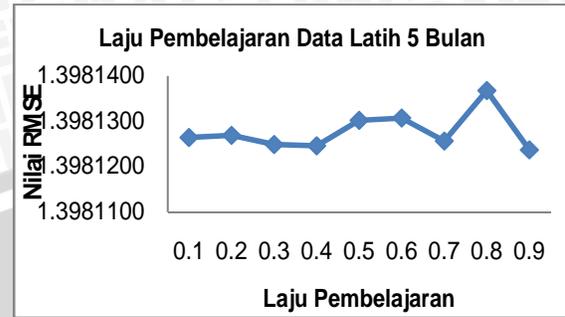
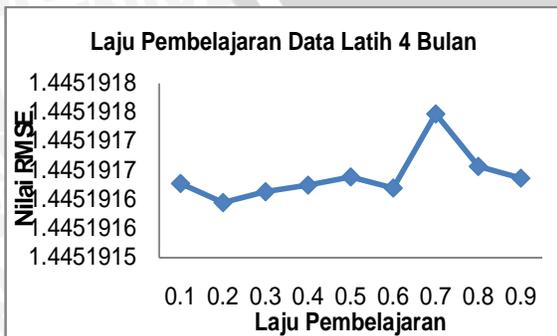
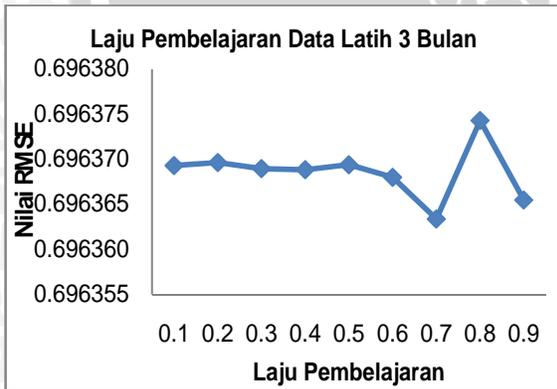
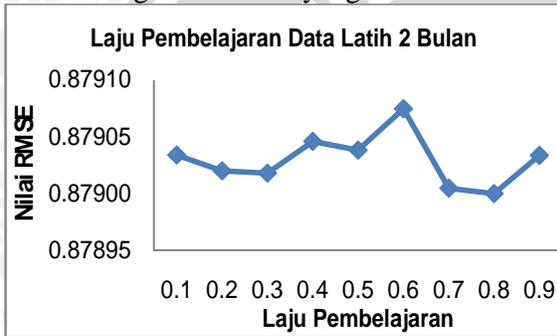
Selain itu untuk mengukur tingkat akurasi juga digunakan persamaan dibawah ini :

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

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

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.

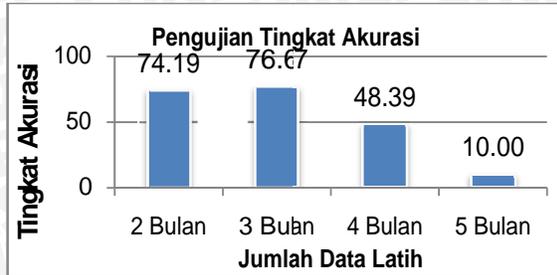
Pengujian pertama adalah mencari laju pembelajaran terbaik dengan membandingkan pengaruh laju pembelajaran terhadap nilai RMSE dengan data latih yang berbeda – beda.



Gambar 2. Grafik pengaruh laju pembelajaran terhadap nilai RMSE dengan data latih berbeda-beda

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.



Gambar 3. Grafik perbandingan tingkat akurasi untuk masing-masing data latih

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

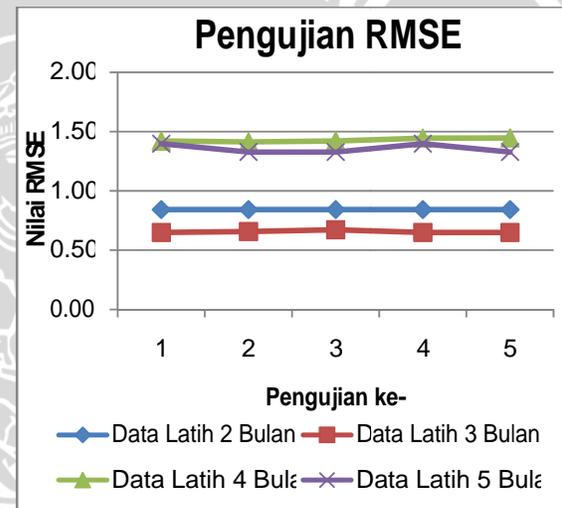
Pengujian ketiga adalah pengaruh data latih terhadap nilai RMSE yang dilakukan 5 kali percobaan untuk tiap data latih.

Tabel 2. Hasil Pengujian RMSE

Data Latih	Pengujian ke- (RMSE)	
	1	2
2 Bulan	0.842450591531056	0.842475266851786
3 Bulan	0.649985938754039	0.657393037473015
4 Bulan	1.420504611713040	1.413530863437320
5 Bulan	1.397992456891330	1.328564184841860

Data Latih	Pengujian ke- (RMSE)	
	3	4
2 Bulan	0.842484732111280	0.842476406449493
3 Bulan	0.672822587825122	0.649988147819968
4 Bulan	1.420504335251020	1.445194193561660
5 Bulan	1.328542275371250	1.398115797411420

Data Latih	Pengujian ke- (RMSE)	Rata - Rata
	5	
2 Bulan	0.842450591531056	0.842467517694934
3 Bulan	0.649986243049219	0.656035190984273
4 Bulan	1.446359053854620	1.429218611563530
5 Bulan	1.328553821281320	1.356353707159440



Gambar 4. Grafik RMSE Peramalan Kondisi Cuaca

Pada gambar grafik 4 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 :

1. 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
2. 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.
3. Perbedaan kondisi cuaca yang dihasilkan terhadap suatu nilai parameter unsur – unsur cuaca yang sama, misal : suhu udara 24⁰C, 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 peramalan cuaca dengan metode ANFIS adalah :

1. 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).
2. Nilai laju pembelajaran yang digunakan untuk memaksimalkan hasil peramalan cuaca dengan menggunakan ANFIS adalah 0.3.
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] Aminuddin, Mohammad. 2011. *Peramalan Cuaca Kota Surabaya Tahun 2011 Menggunakan Metode Moving Average dan Klasifikasi Naïve Bayes*. ITS. Surabaya
- [2] Arifin, Syamsul. 2009. *Sistem Logika Fuzzy sebagai Peramal Cuaca di Indonesia, studi kasus: Kota Surabaya*.
- [3] Candra, A dan Syamsul A. 2010. *Perancangan Model Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Untuk*

- Memprediksi Cuaca Maritim*. ITS. Surabaya
- [4] El Sheimy. 2001. *A Mobile Mapping System for The Survey Community*. Proceedings of The 3rd International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMS 2001). Cairo, Egypt. January 3-5, 2001.
- [5] Fariza, A., Helen A., dan Rasyid A. 2007. *Performansi Neuro Fuzzy Untuk Permalan Data Time Series*. Seminar Nasional Teknologi Informasi. Yogyakarta.
- [6] Fausett, Laurene. 1993. *Fundamental of Neural Network Architectures, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall. London.
- [7] Husnita, Seviana D. 2012. *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Untuk Diagnosa Tingkatan Risiko Bagi Penderita Penyakit Jantung Koroner (PJK)*. Ilmu Komputer-FMIPA-Unibraw. Malang
- [8] Inragustari. 2005. *Prediksi Curah hujan dengan menggunakan Transformasi Wavelet*. Prosiding Lokakarya Nasional Forum Prakiraan, Evaluasi dan Validasi BMG. Hotel Nam Center Kemayoran Jakarta 15-16 Desember 2005.
- [9] Jang, JSR. Sun, CT. E. Mizutani. 1997. *Neuro Fuzzy and Soft Computing*. Prentice Hall. London.
- [10] Kresnawan, A. 2008. *Tugas Akhir : Penerapan Model Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Gangguan Cuaca Maritim*. Teknik Fisika-FTI-ITS. Surabaya.
- [11] Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [12] Kusumadewi, Sri dan Sri Hartati. 2006. *NEURO FUZZY : Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [13] Meilanitasari, Prita. 2010. *Tugas Akhir : Prediksi Cuaca Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Kelayakan Pelayaran di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*. Teknik Fisika-FTI-ITS. Surabaya.
- [14] Murahartawaty. 2009. (online). <http://www.scribd.com/doc/97030946/Peramalan>. Tanggal akses 05 September 2012.
- [15] Rusi, Ibnur. 2012. *Tugas Akhir : Prediksi Cuaca Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Ilmu Komputer-FMIPA-Unibraw. Malang
- [16] Santosa, Budi. 2007. *Data Mining Teknik Pemanfaatan Data Untuk Keperluan Bisnis*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [17] Sarjani. 2009. *Cuaca dan Iklim*. Muhammadiyah. Yogyakarta
- [18] Setyaningrum, Ratih. 2007. *Kemampuan Expert System – ANFIS Untuk Diagnosa Kesehatan Pekerja Industri dan Mencari Solusinya*. Seminar Nasional Teknologi Informasi. Yogyakarta.
- [19] Tjasjono, Bayong. 1999. *Klimatologi Umum*. ITB. Bandung.
- [20] Tresnawati, Restu. 2010. *Peramalan Statistik untuk Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Kalman Filter*. ITS. Surabaya
- [21] Yilmaz, N.Arzu Sisman dan Ferda N.Alpaslan dan Lakhmi Jain. 2004. *ANFIS_unfolded_in_time for multivariate time series forecasting*. Neurocomputing. 139-168.