

**SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PREDIKSI CURAH HUJAN
DENGAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM*
(Studi Kasus: Kota Pontianak)**

^[1]Ruspina Ningsih, ^[2]Beni Irawan, ^[3]Fatma Agus Setyaningsih
^{[1][3]}Jurusan Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

^[2]Jurusan Sistem Informasi, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak
Telp./Fak.: (0561) 577963

Email:

^[1]ningsih.pina@gmail.com, ^[2]benicsc@yahoo.com, ^[3]fatmasetyaningsih@gmail.com

Abstrak

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan metode yang mengkombinasikan antara jaringan syaraf tiruan dengan logika fuzzy, sehingga pada pembelajarannya ANFIS banyak digunakan untuk berbagai macam prediksi pada ilmu komputer. Pada pengembangannya ANFIS digunakan untuk prediksi curah hujan di Kota Pontianak berdasarkan data yang didapatkan dari BMKG Supadio Pontianak dan LAPAN Provinsi Kalimantan Barat. Prediksi yang dimaksud merupakan prediksi curah hujan harian dengan menggunakan masukan data berupa suhu udara dinyatakan dengan x_1 , kelembaban relatif dinyatakan dengan x_2 dan tekanan udara dinyatakan dengan x_3 serta akan menghasilkan aplikasi prediksi curah hujan dengan nilai prediksi dan status prediksi curah hujan. Prediksi yang dibuat berdasarkan data masukan suhu udara, kelembaban relatif dan tekanan udara serta keluaran berupa prediksi curah hujan, sehingga dapat menghasilkan keluaran prediksi yang akurat dan efisien. Model prediksi yang dibangun dengan metode ANFIS menggunakan pembelajaran alur maju (forward) dan pembelajaran alur mundur (backward), sehingga untuk melakukan prediksi dibutuhkan nilai parameter fuzzy baru yang diperoleh dari proses pelatihan. Setelah nilai parameter fuzzy baru didapatkan, maka akan dilakukan tahap pengujian. Pada tahap pengujian dilakukan dengan proses pembelajaran maju (forward) untuk mendapatkan nilai prediksinya, sehingga pada prosesnya nilai prediksi yang berupa angka dan status prediksi yang berupa variabel tersebut akan ditampilkan dalam bentuk interface yang memudahkan pengguna untuk melakukan prediksi. Karena dari interface inilah pengguna dapat mengetahui keakuratan sistem yang dibuat berdasarkan proses pengujian dan pembelajaran yang digunakan dalam penelitian. Setelah melakukan proses pengujian, maka diperoleh hasil kinerja aplikasi prediksi mencapai 58.06%.

Kata Kunci: Prediksi Curah Hujan, *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*.

1. PENDAHULUAN

Kalimantan Barat merupakan salah satu daerah tropis dengan suhu udara cukup tinggi serta diiringi kelembaban yang tinggi juga. Suhu udara rata-rata berkisar antara 26.0°C s/d 27.0°C dan kelembaban rata-rata berkisar antara 80% s/d 90% serta rata-rata curah hujan di Indonesia setiap tahunnya tidak sama, yaitu berkisar antara 2000-3000 mm/tahun. Begitu pula antara tempat satu dengan tempat yang lainnya yaitu rata-rata curah hujannya tidak sama. Berdasarkan skala waktu, keragaman atau variasi curah hujan harian dipengaruhi oleh faktor lokal [1].

Penelitian terhadap prediksi curah hujan menggunakan kecerdasan buatan telah banyak dilakukan, salah satunya prediksi curah hujan dengan *fuzzy logic* [2]. Namun, pada penggunaan metode *fuzzy* yang harus diperhatikan yaitu diperlukannya suatu metode optimasi dalam menentukan parameter yang digunakan.

Sistem ini memprediksi nilai dan status curah hujan harian menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) yang diharapkan bisa dengan baik untuk memprediksi curah hujan harian di Kota Pontianak. Metode ANFIS merupakan penggabungan antara jaringan syaraf tiruan dengan logika *fuzzy*. Dengan menggunakan metode ANFIS dan sistem pembelajarannya, maka sistem yang dibuat berupa sistem pendukung keputusan prediksi curah hujan di Kota Pontianak.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan syaraf tiruan adalah suatu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk menstimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu

menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran [3].

Ada beberapa tipe jaringan syaraf, namun demikian hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa neuron, dan ada hubungan antara neuron- neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan menyampaikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Informasi (disebut dengan: *input*) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. *Input* ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Apabila neuron tersebut diaktifkan, maka neuron tersebut akan mengirimkan *output* melalui bobot-bobot *outputnya* ke semua neuron yang berhubungan dengannya [3].

Pada jaringan syaraf, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan neuron (*neuron layers*). Biasanya neuron-neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan *input* dan lapisan *output*). Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan *input* sampai ke lapisan *output* melalui lapisan yang lainnya, yang sering dikenal dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*) [4].

Jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh 3 hal:

1. Pola hubungan antar neuron (disebut arsitektur jaringan).
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung (disebut metode *training/learning*/algoritma).
3. *Output* menerima *input* dari neuron-neuron dengan bobot hubungan masing-masing.

2.2 Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar. Suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang

memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1(satu). Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak).

Logika *Fuzzy* merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Dalam teori logika *fuzzy* suatu nilai bisa bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu nilai tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai 1 atau 0.

Logika *fuzzy* digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika klasik/tegas, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan [5].

2.3 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Model *fuzzy* dapat digunakan sebagai pengganti dari perceptron dengan banyak lapisan, sehingga dalam sistem ini terbagi menjadi 2 kelompok komponen utama yaitu satu kelompok berupa jaringan syaraf dengan bobot-bobot *fuzzy* dan fungsi aktivasi *fuzzy* dan kelompok yang ke-2 berupa jaringan syaraf yang difuzzyfikasikan pada lapisan pertama atau lapisan ke dua, namun bobot-bobot pada jaringan syaraf tersebut tidak difuzzykan. Jadi, ANFIS termasuk kedalam kelompok ke dua pada sistem ini [6].

Sistem inferensi *fuzzy* pada ANFIS adalah sistem *fuzzy* model Sugeno Orde-1 dengan pertimbangan kesederhanaan serta kemudahan komputasi. Jaringan ANFIS terdiri dari lapisan-lapisan sebagai berikut [7]:

Lapisan 1

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x_1) \quad \text{untuk } i = 1, 2 \quad (1)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_i}(x_2) \quad \text{untuk } i = 1, 2 \quad (2)$$

Dengan x_1 dan x_2 adalah masukan pada simpul i , A_i atau $B_i - 2$ adalah fungsi keanggotaan masing-masing simpul. Simpul

O_i , i berfungsi untuk menyatakan derajat keanggotaan setiap masukan terhadap himpunan *fuzzy* A dan B. Fungsi keanggotaan yang dipakai adalah jenis *Generalized Bell* (Gbell). Berikut fungsi keanggotaan yang dipakai pada penyelesaian ANFIS:

$$\mu_i(x_i) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_i - c_i}{a_i} \right|^{2b}} \quad (3)$$

a. Mencari Nilai Tengah (Mean):

$$\mathbf{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (4)$$

b. Mencari Rentang (Standar Deviasi):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mathbf{X})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Parameter a, b dan c menyatakan fungsi keanggotaan Gbell yang dinamakan parameter premis. Nilai $i = 1, 2$ dengan (a_i b_i c_i) adalah parameter premis, biasanya $b = 1$.

Lapisan 2

$$w_i = A_i(x_1)B_i(x_2) \quad (6)$$

Tiap lapisan simpul menyatakan derajat pengaktifan setiap 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. Fungsi perkalian yang digunakan adalah operator AND. Fungsi w pada lapisan ini menunjukkan bobot nilai pada fungsi *fuzzy*.

Lapisan 3

$$W_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad (7)$$

Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul yang menampilkan fungsi derajat keanggotaan atau keluaran simpul ke- i pada lapisan sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya. Jika fungsi diatas dibentuk lebih dari dua aturan maka fungsi dapat diperluas dengan membagi w_i dengan jumlah total w untuk semua aturan.

Lapisan 4

$$W_i y_i = W_i (c_{11} x_1 + c_{12} x_2 + c_{10}) \quad (8)$$

Dengan W_i adalah *normalized firing strength* pada lapisan ke tiga dan (c_{11} c_{12} c_{10}) adalah parameter-parameter pada neuron tersebut. Parameter-parameter pada lapisan tersebut disebut dengan nama *consequent parameters*.

Lapisan 5

$$y_{p*} = \sum W_i y_i \quad (9)$$

Pada lapisan ini pernyataan f menyatakan fungsi aktivasi pada simpul adaptif. Sehingga y merupakan hasil prediksi dan pada lapisan ini merupakan penjumlahan dari hasil keseluruhan keluaran setiap lapisan.

2.3.1 Algoritma Pembelajaran Hybrid

Pada saat premis parameter ditemukan, keluaran yang terjadi merupakan kombinasi linear dari *consequent parameters*, yaitu [7]:

$$y = \frac{w_1}{w_1 + w_2} y_1 + \frac{w_2}{w_1 + w_2} y_2 \quad (10)$$

$$= W_1 (c_{11} x_1 + c_{12} x_2 + c_{10}) + W_2 (c_{21} x_1 + c_{22} x_2 + c_{20}) \quad (11)$$

Algoritma hybrid akan mengatur parameter-parameter c_{ij} (parameter konsekuen) secara maju (*forward*) dan akan mengatur parameter-parameter premis secara mundur (*backward*).

2.3.2 Least Square Estimator (LSE)

Rekursif

Metode LSE atau biasanya disebut juga dengan metode LSE rekursif yang mana pada pembelajarannya metode LSE dapat menambahkan suatu pasangan data pada perhitungan nilai A^T yang merupakan matrik A yang diperoleh dari nilai sinyal yang datang dari lapisan sebelumnya serta penambahan nilai aktual dari setiap data masukan dan penambahan pasangan data y yang merupakan keluaran atau target yang diinginkan, sehingga jumlah keluaran parameter sebanyak n data. Penyelesaian matriks $m \times n$ dengan menggunakan metode *invers*[7].

$$A = \begin{bmatrix} W_1 x_1 & W_1 x_2 & W_1 & W_2 x_1 & W_2 x_2 & W_2 & \dots & W_n x_1 & W_n x_2 & W_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_i x_1 & W_i x_2 & W_i & \dots & W_i x_1 & W_i x_2 & W_i \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$P_n = (A_n^T A_n)^{-1} \quad (13)$$

$$\theta_n = P_n A_n^T y_n \quad (14)$$

Penyelesaian metode LSE ini akan menghasilkan nilai parameter konsekuen (c_{11} c_{12} c_{10}) yang menjadi keluaran sinyal pada lapisan ke-4. Apabila parameter konsekuen telah didapatkan, maka proses LSE selesai dan dilanjutkan pada proses penjumlahan pada lapisan ke-5 dengan menjumlahkan semua sinyal yang datang dari lapisan sebelumnya.

2.3.3 Model Propagasi Error

Error backpropagation (EBP) merupakan model propagasi *error* yang digunakan dalam pembelajaran ANFIS, namun biasanya penggunaan algoritma ini membutuhkan waktu yang cukup lama untuk pergerakan sinyal yang datang[7].

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^2} \quad (15)$$

Untuk melakukan perbaikan terhadap parameter premis (nilai c dan a) tersebut

digunakan model propagasi *error* dengan konsep *gradient descent*.

Error Lapisan ke-5

$$\varepsilon_5 = -2(y_p - y_{p*}) \quad (16)$$

Dimana:

y_p = target data pelatihan ke-p

y_{p*} = keluaran jaringan pada pelatihan ke-p

Error Lapisan ke-4

$$\varepsilon_{4i} = \varepsilon_5 \quad (17)$$

Error Lapisan ke-3

$$\varepsilon_{3i} = \varepsilon_{4i} f_i \quad (18)$$

Error pada Lapisan ke-2

$$\varepsilon_{2i} = \frac{w_i}{(w_1+w_2)^2} \quad (19)$$

Error Lapisan ke-1

$$\varepsilon_{1i} = \varepsilon_{2i} \quad (20)$$

Apabila *error* semua lapisan pada tahap mundur ini diketahui, maka selanjutnya akan diperoleh nilai keanggotaan.

$$\varepsilon_{ci} = \varepsilon_{1i} \frac{2(x_i - c_{ik})}{a_{ik}^2 \left(1 + \left(\frac{x_i - c_{ik}}{a_{ik}}\right)^2\right)^2} \quad (21)$$

$$\varepsilon_{ai} = \varepsilon_{1i} \frac{2(x_i - c_{ik})^2}{a_{ik}^3 \left(1 + \left(\frac{x_i - c_{ik}}{a_{ik}}\right)^2\right)^2} \quad (22)$$

Dari sini, kita dapat menentukan perubahan nilai parameter c_{ij} dan a_{ij}

(Δc_{ij} dan Δa_{ij}) sebagai berikut:

$$\Delta c_{ij} = \sigma \varepsilon_{cij} x_i \quad (23)$$

$$\Delta a_{ij} = \sigma \varepsilon_{aij} x_i \quad (24)$$

dengan σ adalah laju pembelajaran yang terletak pada interval [0, 1], sehingga nilai c_{ij} dan a_{ij} yang baru adalah:

$$c_{ij} = c_{ij}(\text{lama}) + \Delta c_{ij} \quad (25)$$

$$a_{ij} = a_{ij}(\text{lama}) + \Delta a_{ij} \quad (26)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada proses penelitian dalam pembuatan sistem menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference Sistem* (ANFIS) dijelaskan bahwa penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan observasi atau mencari literatur tentang metode yang dipakai pada penelitian ini kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data yang dilakukan pada BMKG Supadio Pontianak dan LAPAN provinsi Kalimantan Barat. Selanjutnya dilakukan analisa data yang digunakan pada proses pelatihan dan pengujian. Tahap selanjutnya perancangan sistem dan pembuatan aplikasi, yaitu merancang dan membangun aplikasi prediksi curah hujan harian di Kota Pontianak. Selanjutnya pengujian dan analisa sistem yang merupakan proses pengujian sistem yang

dibuat apakah telah sesuai dengan yang kebutuhan atau blum, jika belum maka proses kembali ke analisis data dan diproses lagi sampai sistem yang dibuat telah sesuai dengan kebutuhan. Begitu juga sebaliknya, apabila sistem yang dibuat telah sesuai kebutuhan maka sistem dapat langsung dilanjutkan penarikan kesimpulan. Penarikan kesimpulan dibutuhkan untuk mengetahui seberapa akurat sistem yang dibuat dengan metode pembelajaran yang ada pada penelitian.

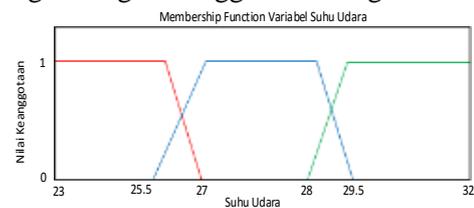
4. PERANCANGAN SISTEM

4.1 Penetapan Masukan

Masukan yang digunakan pada pembuatan aplikasi berupa data suhu udara, kelembaban relatif dan tekanan udara harian sebanyak 62 data dari masing-masing masukan. Data masukan yang digunakan merupakan data harian yang diperoleh dari BMKG Supadio Pontianak dan LAPAN Provinsi Kalimantan Barat.

a. Suhu Udara (x_1)

Suhu udara membentuk himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

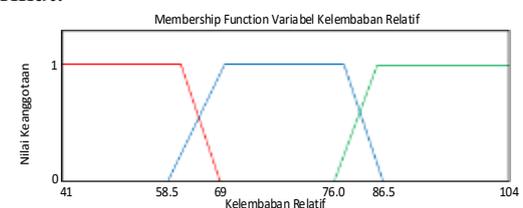


Gambar 1. Grafik Fungsi Suhu Udara
Tabel 1. Variabel Suhu Udara

Sejuk	23.0	27.0
Normal	25.5	29.5
Panas	28.0	32.0

b. Kelembaban Relatif (x_2)

Kelembaban relatif membentuk himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Fungsi Kelembaban Relatif
Tabel 2. Variabel Kelembaban Relatif

Kering	41.0	69.0
Lembab	58.5	86.5
Basah	76.0	104

c. Tekanan Udara (x_3)

Tekanan udara membentuk himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Fungsi Tekanan Udara
Tabel 3. Variabel Tekanan Udara

Rendah	1006	1010
Sedang	1009	1013
Tinggi	1011	1015

4.2 Penetapan Keluaran

Keluaran yang akan dihasilkan pada penelitian ini berupa sistem pendukung keputusan prediksi curah hujan dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) di Kota Pontianak. Pada aplikasi ini pengguna diminta untuk memasukan terlebih dahulu data masukan yang berupa suhu udara, kelembaban relatif dan tekanan udara serta akan didapatkan keluaran prediksi berupa nilai curah hujan dan status hujannya. Tabel 4 merupakan parameter curah hujan beserta status hujannya:

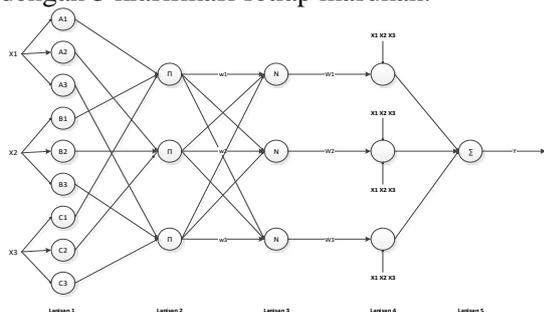
Tabel 4. Prediksi Hujan

Status Hujan	Parameter Hujan
Cerah	≤ 5 mm/hari
Hujan Ringan	> 5 mm/hari s/d ≤ 20 mm/hari
Hujan Sedang	> 20 mm/hari s/d ≤ 50 mm/hari
Hujan Lebat	> 50 mm/hari s/d ≤ 100 mm/hari
Hujan Sangat Lebat	> 100 mm/hari

(Sumber: BMKG dan LAPAN, 2013)

4.3 Arsitektur Jaringan

Perancangan arsitektur jaringan yang diperoleh dengan memasukan 3 buah masukan dengan 3 klasifikasi setiap masukan.



Gambar 4. Arsitektur Jaringan

Gambar 5 merupakan arsitektur ANFIS yang digunakan pada penelitian berdasarkan masukan dan keluaran prediksi. Masukan untuk suhu udara dimisalkan x_1 , masukan kelembaban relatif dimisalkan x_2 dan masukan tekanan udara dimisalkan x_3 . Pada perancangan arsitektur digunakan 3 buah masukan dan 3 buah engklasifikasi parameter, yaitu x_1 (A_1, A_2, A_3), x_2 (B_1, B_2, B_3) dan x_3 (C_1, C_2, C_3) serta nilai w merupakan jumlah aturan yang dipakai, yaitu:

Aturan 1 : **If** x_1 is A_1 and x_2 is B_1 and x_3 is C_1 is D_1 **then** $f_1 = c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + c_{13}x_3 + c_{10}$.

Aturan 2 : **If** x_1 is A_2 and x_2 is B_2 and x_3 is C_2 is D_2 **then** $f_2 = c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + c_{23}x_3 + c_{20}$.

Aturan 3 : **If** x_1 is A_3 and x_2 is B_3 and x_3 is C_3 is D_3 **then** $f_3 = c_{31}x_1 + c_{32}x_2 + c_{33}x_3 + c_{30}$.

Aturan yang dipakai berdasarkan pengklasifikasian masukan sebanyak 3 (tiga) dan apabila dimasukan kedalam proses aturan akan terbentuk 3 (tiga) aturan *fuzzy*.

4.4 Perancangan Prosedural

4.4.1 Pembelajaran Maju dan Mundur

Pada langkah maju, masukan jaringan akan merambat maju sampai pada lapisan ke empat, dimana parameter-parameter konsekuen akan diidentifikasi dengan metode Least Square Estimator (LSE). Gambar 5 menunjukkan alur proses pembelajaran ANFIS.



Gambar 5. Blok Diagram Pembelajaran

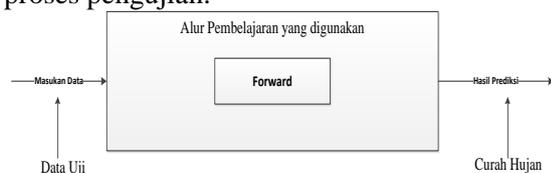
Pada pembelajaran maju (*forward*) dan mundur (*backward*) hal yang perlu diperhatikan dalam penelitian adalah pencarian bobot atau parameter *fuzzy* baru dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Langkah pertama yang dilakukan adalah pembelajaran alur maju (*forward*). Pada pembelajaran maju yang dilakukan adalah pencarian nilai prediksi untuk proses pelatihan. Namun aturan yang dipakai harus sesuai dengan arsitektur jaringan pada proses pembentukan sistem inferensi *fuzzy*, sehingga aturan tersebut pada tahap akhir proses maju ini akan dijumlahkan dengan semua nilai atau sinyal yang datang dari lapisan sebelumnya.

Langkah kedua yang harus dilakukan adalah pembelajaran alur mundur (*backward*).

Pada pembelajaran mundur hasil yang didapatkan pada akhir proses adalah nilai bobot atau parameter *fuzzy* baru. Parameter *fuzzy* baru ini digunakan untuk proses pengujian. Namun sebelum mendapatkan nilai tersebut, hal yang harus dilakukan adalah mencari nilai *error* setiap lapisan. Lapisan yang dimaksud dimulai dari lapisan paling akhir yaitu lapisan lima sampai kelapisan paling awal yaitu lapisan kesatu. Pada lapisan kesatu inilah nilai dari parameter lama diproses lagi dengan nilai parameter baru. Jadi pemrosesan parameter awal dan baru inilah yang nantinya akan menjadi parameter akhir pembelajaran mundur dan dijadikan parameter pengujian.

4.4.2 Proses Pengujian

Pada langkah pengujian hanya dilakukan 1 (satu) langkah pembelajaran, yaitu pembelajaran alur maju. Hal ini dilakukan karena proses pengujian akan menghasilkan nilai akhir atau nilai prediksi yang terletak pada lapisan lima. Gambar 7 menunjukkan proses pengujian.



Gambar 6. Blok Diagram Pengujian

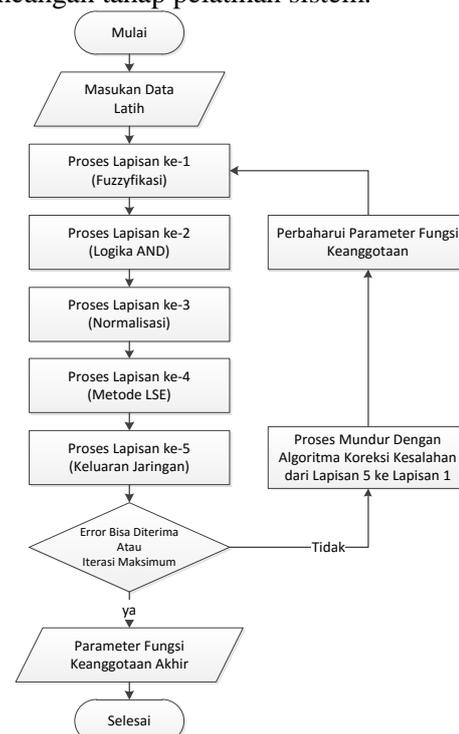
Pada tahap pembelajaran digunakan sebagai data sampel merupakan data yang digunakan untuk pelatihan. Data sampel tersebut kemudian akan dilatih menggunakan algoritma *backpropagation* pada ANFIS untuk memperoleh bobot atau parameter *fuzzy* baru yang nantinya akan digunakan pada tahap pengujian. Namun, sebelum parameter tersebut didapatkan terlebih dahulu proses pembelajaran tahap maju dan mundur dilakukan.

Diperolehnya bobot atau nilai parameter *fuzzy* baru pada tahap pembelajaran akan sangat mempengaruhi proses pengujian, karena pada proses pengujian akan diketahui keakuratan sistem yang dibuat berdasarkan pembelajaran pada algoritma ANFIS untuk proses prediksi. Proses prediksi inilah nantinya akan menjadi perbandingan nilai keluaran sistem dengan target yang telah ditentukan berdasarkan data yang didapatkan dari penelitian.

Gambar 6 merupakan blok diagram pengujian yang menjelaskan bahwa setiap langkah pengujian. Proses pengujian pertama yang harus dilakukan adalah memasukan data, data yang dimaksud merupakan data pengujian. Apabila proses memasukan data uji dilakukan, maka hal yang perlu dilakukan selanjutnya adalah kembali lemodel pembelajaran atau perhitungan proses algoritma. Algoritma yang dipakai untuk proses pengujian pada penelitian ini adalah proses maju (*forward*). Selanjutnya, setelah proses *forward* dilakukan sesuai dengan langkah-langkah pengujian pada penelitian maka proses terakhir yang didapatkan adalah hasil prediksi berupa curah hujan. Curah hujan merupakan hasil akhir prediksi yang dinyatakan dengan satuan mm/hari dan disertai dengan status hujan setiap hari berdasarkan nilai dan batasan dari hasil penelitian.

4.5 Tahap Pelatihan

Gambar 7 merupakan gambaran perancangan tahap pelatihan sistem.



Gambar 7. Diagram Alir Pelatihan

Gambar 7 merupakan diagram alir pelatihan pada sistem yang dibuat berdasarkan penelitian dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) di Kota Pontianak. Proses yang dilakukan berdasarkan gambar 7 adalah untuk mendapatkan bobot atau nilai parameter *fuzzy* baru pada tahap pelatihan yang dijadikan parameter pada tahap

pengujian. Namun pada penjelasannya terlebih dahulu yang harus dilakukan adalah memasukan data latih. Data latih merupakan data yang digunakan untuk proses pelatihan. Data latih yang digunakan sebanyak 62 buah data latih berdasarkan hasil penelitian dari BMKG Supadio Pontianak dan LAPAN Provinsi Kalimantan Barat. Apabila tahap masukan data latih telah dilakukan, maka langkah berikutnya memproses data tersebut kedalam model pembelajaran yaitu proses pembelajaran ANFIS pada tahap maju (*forward*).

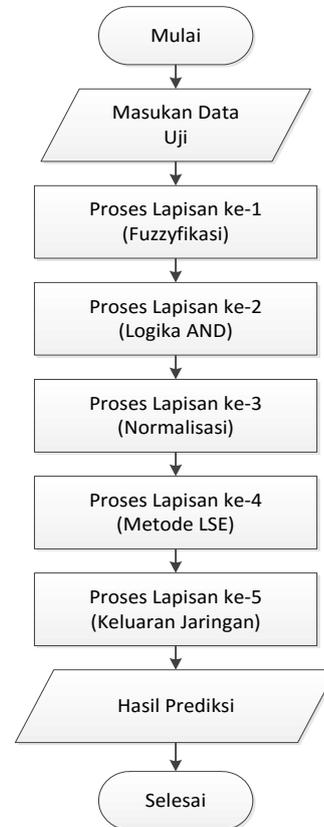
Pada tahap *forward* dilakukan dengan memproses data tersebut sebanyak lima kali proses yaitu pada lapisan kesatu dengan sistem *fuzzyfikasi* atau fungsi keanggotaan, adapun fungsi keanggotaan yang digunakan adalah model Generalized Bell (Gbell). Selanjutnya lapisan kedua adalah proses untuk memasukan sistem logika AND atau proses inference system yaitu menentukan aturan-aturan yang dipakai pada penelitian. Pada penelitian ini menggunakan 3 buah aturan *fuzzy*. Langkah selanjutnya adalah proses lapisan ketiga yaitu proses normalisasi ANFIS yang memproses nilai atau sinyal dari lapisan sebelumnya dan membagikan dengan semua nilai atau sinyal yang datang dari lapisan sebelumnya. Selanjutnya lapisan keempat yaitu penerapan model pembelajaran Least Square Estimator (LSE) untuk pembuatan nilai matriks berdasarkan nilai atau sinyal yang datang dari lapisan sebelumnya, sehingga akan membentuk matriks dengan jumlah kolom dan baris sesuai dengan data dan aturan yang dipakai dalam penelitian. Langkah selanjutnya adalah proses lapisan kelima yang merupakan keluaran jaringan. Keluaran jaringan disini akan didapatkan nilai keluaran sementara untuk melanjutkan keproses tahap mundur (*backward*).

Pada proses *backward* juga menggunakan 5 langkah lapisan yaitu perbaikan nilai *error* setiap lapisan. Tapi proses ini dilakukan dengan perbaikan *error* secara mundur disetiap lapisan dan terjadi proses propagasi balik setiap lapisan, karena setiap lapisan memerlukan nilai dari setiap nilai atau sinyal dari lapisan tersebut. Nilai atau sinyal yang didapatkan tersebut nanti akan diproses berdasarkan proses propagasi balik ANFIS, sehingga pada proses akhir didapatkan bobot atau nilai parameter *fuzzy*

baru atau disebut juga dengan parameter fungsi keanggotaan baru.

4.6 Tahap Pengujian

Gambar 9 merupakan gambaran perancangan tahap pengujian.



Gambar 8. Diagram Alir Pengujian

Gambar 8 merupakan diagram alir pengujian sistem yang akan menjadi algoritma pembelajar selanjutnya untuk mendapatkan keluaran akhir dari sistem. Keluaran akhir disini merupakan sistem pendukung keputusan prediksi curah hujan. Pada tahap pengujian ini hanya diperlukan tahap maju untuk memperoleh nilai prediksi dan nilai parameter yang digunakan merupakan nilai akhir dari parameter tahap pelatihan.

Pada tahap pengujian langkah-langkah yang harus diperhatikan adalah data yang digunakan, karena data yang digunakan tidak sama dengan tahap pelatihan. Data yang digunakan pada tahap pengujian adalah ada uji sebanyak 31 data yang diperoleh dari BMKG Supadio Pontianak dan LAPAN Provinsi Kalimantan Barat. Pada tahap pengujian berdasarkan penelitian perintah yang dilakukan adalah memasukan data yang berupa data uji sebagai data sampelnya dan dilanjutkan dengan proses pada pembelajaran

maju (*forward*) dengan menggunakan 5 lapisan, sehingga pada akhir proses pengujian didapatkan nilai atau hasil prediksi yang berupa nilai curah hujan dengan satuan mm/hari dan status hujan seperti cerah, hujan ringan, hujan sedang, hujan lebat dan hujan sangat lebat. Nilai dan status curah hujan diperoleh berdasarkan tempat penelitian pada BMKG Supadio Pontianak dan LAPAN Provinsi Kalimantan Barat.

4.7 Perancang Antarmuka

Pada perancang antarmuka proses penggunaan seperti penjelasan berikut ini:



Gambar 9. Perancangan Antarmuka

Gambar 9 merupakan perancangan antarmuka yang menjelaskan bagaimana sistem nantinya bekerja dalam proses prediksi. Perancangan antarmuka dibuat untuk memudahkan pengguna dalam memprediksi curah hujan dengan metode ANFIS. Pada tahapan awal yaitu panel masukan data yang berfungsi untuk memasukan setiap nilai data uji berdasarkan data yang digunakan untuk proses pengujian. Selanjutnya panel keluaran prediksi berfungsi untuk memprediksi keluaran sistem yang dibuat dengan metode ANFIS, sehingga keluarannya menghasilkan nilai keluaran prediksi dan variabel curah hujan yang dinyatakan dengan Cerah (C), Hujan Ringan (HR), Hujan Sedang (HS), Hujan Lebat (HL) dan Hujan Sangat Lebat (HSL).

5. PEMBAHASAN

5.1 Pelatihan ANFIS

Pada proses pelatihan metode ANFIS sesuai dengan teori yang didapatkan, maka metode ANFIS sendiri dibuat berdasarkan 2 langkah pembelajaran. Kedua langkah pembelajaran dilakukan karena pada tahap akhir proses pelatihan akan didapatkan nilai bobot atau parameter fungsi *fuzzy*. Namun, sebelum sampai pada proses didapkannya nilai parameter *fuzzy* baru tersebut harus

melalui 2 langkah pembelajaran. Pembelajaran pertama adalah proses maju (*forward*) dan pembelajaran kedua adalah proses mundur (*backward*). Berikut akan dijelaskan dengan lebih merinci lagi tentang kedua model pembelajaran metode ANFIS tersebut.

5.1.1 Model Pembelajaran Maju (*forward*)

Berdasarkan jaringan atau lapisannya metode ANFIS model pembelajaran maju diproses dengan 5 langkah lapisan, mulai dari memasukan data sampel sampai dengan mendapatkan nilai prediksi awal sebelum mendapatkan nilai parameter *fuzzy*.

Lapisan 1 merupakan lapisan yang digunakan untuk mendapatkan nilai fungsi keanggotaan awal *fuzzy*. Fungsi keanggotaan yang digunakan merupakan model fungsi keanggotaan *Generalized Bell* (Gbell). Namun, sebelum menuju kelangkah pembentukan nilai fungsi keanggotaan awal *fuzzy Generalized Bell* terlebih dahulu menentukan nilai interval setiap masukan. Nilai interval yang digunakan berdasarkan masukan x_1 , x_2 dan x_3 . Berikut akan dijelaskan kode program untuk menentukan nilai interval setiap masukan.

Lapisan 2 atau lebih dikenal dengan lapisan *inference system* (sistem inferensi) *fuzzy* logika AND. Sistem inferensi pada logika *fuzzy* merupakan aturan yang dibentuk berdasarkan fungsi logika yang dipakai. Berdasarkan arsitektur jaringan yang dibentuk pada penelitian, maka aturan *fuzzy* yang digunakan sebanyak tiga buah aturan.

Lapisan 3 atau lapisan normalisasi merupakan lapisan yang menjumlahkan semua masukan dari lapisan sebelumnya dan membagikan nilainya dengan derajat keanggotaan setiap nilai sinyal yang datang.

Pada lapisan keempat yang perlu diperhatikan adalah pembentukan nilai matriks. Matriks yang terbentuk harus sesuai dengan jumlah data yang digunakan, karena jumlah data merupakan penentuan jumlah baris atau kolom suatu matriks. Apabila matriks yang dicari telah didapatkan, maka proses selanjutnya ada menentukan nilai parameter konsekuen lapisan keempat.

Nilai parameter konsekuen didapatkan dengan memasukan nilai atau sinyal yang datang dari lapisan sebelumnya, sehingga pada penentuan nilai parameter konsekuen ini terlebih dahulu menggunakan model *Least Square Estimator* (LSE) untuk penentuan jumlah matriks dan dilanjutkan dengan

perkalian setiap nilai dari sinyal dan data yang sebelumnya dibentuk dari setiap keluaran lapisan.

Apabila lapisan keempat selesai diproses, maka dilanjutkan dengan lapisan kelima yang menjumlahkan semua nilai keluaran disetiap nilai atau sinyal yang datang dari lapisan sebelumnya.

5.1.2 Model Pembelajaran Mundur (*backward*)

Pada pembelajaran mundur menggunakan metode ANFIS digunakan model *Error Backpropagation* (EBP). Model EBP sendiri telah tersedia dalam metode ANFIS dengan rumusan dan ketentuan-ketentuan yang ada pada pembelajaran ANFIS. Model EBP berfungsi untuk menentukan nilai bobot atau parameter *fuzzy* baru untuk proses pengujian.

Parameter *fuzzy* baru inilah nantinya awal dari proses pencarian nilai prediksi sistem. Berikut akan dijelaskan kode program untuk model pembelajaran mundur (*backward*) pada metode ANFIS. *Error* lapisan kelima merupakan langkah awal pemrosesan model pembelajaran mundur ANFIS yang dinyatakan dengan E5.

Pada lapisan kelima yang menjadi pemrosesan utama adalah nilai keluaran jaringan dari lapisan lima dan nilai target data. Selanjutnya *error* lapisan empat merupakan lapisan *error* berikutnya dari *error* lapisan kelima. *Error* lapisan keempat ini menerima nilai atau sinyal dari *error* lapisan lima. Selanjutnya pencarian *error* lapisan ketiga dengan memasukan nilai dari lapisan sebelumnya dan melakukan proses propagasi balik dari nilai lapisan keempat pada proses maju dan nilai lapisan *error* ini nantinya akan diproses pada *error* lapisan tiga. Begitu juga dengan *error* lapisan kedua juga akan menerima nilai atau sinyal dari lapisan sebelumnya dan menerima proses propagasi balik dari lapisan-lapisan sebelumnya pada pembelajaran maju. Proses propagasi balik akan berhenti sampai didapatkannya bobot atau nilai parameter *fuzzy* baru yang akan digunakan pada proses pengujian.

5.2 Pengujian ANFIS

Pengujian dilakukan dengan memasukan nilai masing-masing masukan, yaitu suhu udara, kelembaban relatif dan tekanan udara serta prediksi berupa nilai dan status curah hujan perhari. Berikut akan ditampilkan data

pengujian dan tampilan aplikasi yang dibuat sebagai berikut.

5.2.1 Hasil Pengujian

Data pengujian yang diperlukan pada proses pengujian sebanyak 31 data. Data yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari BMKG Supadio Pontianak dan Lapan Provinsi Kalimantan Barat. Berikut data pengujiannya.

Tabel 5. Data Pengujian

Data Ke-	X ₁	X ₂	X ₃	T	KP	SP	Ket.
1.	28.3	80	1009.2	0	1.2	C	T
2.	26.8	89	1009.8	6	3	C	F
3.	25.7	86	1010.2	10.5	13.4	HR	T
4.	26.7	88	1011.7	1	0.8	C	T
5.	27.8	80	1009.9	4	15.7	HR	F
6.	27.6	77	1011.2	0	3.1	C	T
7.	27	80	1010.7	15	17.7	HR	T
8.	26.7	81	1010.8	1	5.4	HR	F
9.	27.5	77	1009.8	0.4	2.7	C	T
10.	27.2	75	1009.9	13.5	16.3	HR	T
11.	27.2	82	1009.9	0	7.4	HR	F
12.	27.1	90	1010.2	0	2.4	C	T
13.	25.1	67	1006	13.1	13.1	HR	T
14.	23.4	50	1005	174	173.5	HSL	T
15.	27	65	1006	19	27.7	HS	F
16.	28.3	59	1008.2	5.1	2.6	C	F
17.	27.8	78	1008.2	4.9	12.5	HR	F
18.	26.7	68	1013	41.9	41.5	HS	T
19.	25.2	77	1012	0	3.3	C	T
20.	26	86	1011.7	3.5	14.3	HR	F
21.	29.9	86	1011.7	3.5	0.9	C	T
22.	30	86	1011.7	1.4	9.5	HR	F
23.	28.2	86	1006	15.1	20.8	HS	F
24.	27.5	89	1010	53.9	55.1	HL	T
25.	28.2	71	1012	0	0.7	C	T
26.	27.5	72	1010.2	6	0.3	C	F
27.	27.3	77	1011.5	0	0.2	C	T
28.	27.7	82	1011.5	97.2	144.3	HSL	F
29.	26.5	72	1010	0	-0.2	C	T
30.	27.5	72	1010.3	5.1	1.5	C	F
31.	28.2	80	1011.2	0	-2.2	C	T

Keterangan Tabel 5:

1. X₁ : Masukan 1

2. X_2 : Masukan 2
3. X_3 : Masukan 3
4. T : Target Jaringan
5. KP : Keluaran Prediksi
6. SP : Status Prediksi
7. C : Cerah
8. HR : Hujan Ringan
9. HS : Hujan Sedang
10. HL : Hujan Lebat
11. HSL : Hujan Sangat Lebat

Data pengujian tersebut akan dimasukan kedalam aplikasi yang dibuat, sehingga akan diperoleh keluaran prediksi dan jumlah akurasi aplikasi yang dibuat. Masukan yang dilakukan harus disesuaikan dengan angka setiap data uji agar mendapatkan nilai akurasi maksimum.

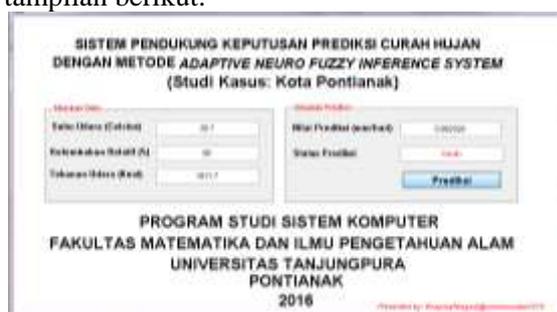
Data pengujian tersebut akan dimasukan kedalam aplikasi yang dibuat, sehingga akan diperoleh keluaran prediksi dan jumlah akurasi sistem yang dibuat. Masukan yang dilakukan harus disesuaikan dengan angka setiap data uji agar mendapatkan nilai akurasi maksimum. Berdasarkan tabel 5.1 dan tabel 5.2 diperoleh nilai prediksi benar sebanyak 18 data, sehingga didapatkan nilai akurasi berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Keakuratan (\%)} &= \frac{\text{banyak data uji benar}}{\text{banyak data uji}} \times 100\% & (27) \\ &= \frac{18}{31} \times 100\% \\ &= 58.06\% \end{aligned}$$

Hasil akurasi yang didapat berdasarkan data pengujian sebanyak 31 data uji dan menghasilkan jumlah data benar sebanyak 18 data, sehingga didapatkan nilai akurasi sistem sebesar 58.06%.

5.2.2 Tampilan Aplikasi

Tampilan utama masukan data uji dicontohkan dengan memasukan nilai suhu udara 26.7°C, kelembaban relatif 88% dan tekanan udara 1011.7Knot, sehingga apabila ketiga nilai tersebut dimasukan akan menghasilkan prediksi curah hujan seperti tampilan berikut.



Gambar 10. Tampilan Aplikasi Prediksi

Tampilan diatas merupakan tampilan akhir aplikasi yang dibuat berdasarkan landasan teori dengan algoritma ANFIS dan dengan memasukan nilai suhu udara, kelembaban relatif dan tekanan udara seperti tampilan diatas, maka didapatkan prediksi dengan nilai prediksi 0.882329 mm/hari dan status prediksi Cerah.

6. PENUTUP

Berdasarkan pemaparan serta pembahasan yang dibahas pada penelitian, maka pada bagian ini berisikan tentang kesimpulan dan saran sebagai berikut:

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian terhadap sistem prediksi curah hujan menggunakan metode ANFIS maka kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) digunakan dalam pembuatan sistem pendukung keputusan untuk memprediksi besarnya curah hujan di Kota Pontianak secara harian. Berdasarkan perubahan bobot atau nilai parameter *fuzzy* baru pada proses pelatihan yang dilakukan dengan metode ANFIS, maka parameter *fuzzy* tersebut akan digunakan pada proses pengujian sebagai parameter masukan data. Adapun parameter masukan yang digunakan untuk proses pengujian berupa suhu udara dinyatakan dengan x_1 , kelembaban relatif dinyatakan dengan x_2 dan tekanan udara dinyatakan dengan x_3 . Setelah memasukan nilai dari masing-masing parameter setiap masukan data pengujian, maka akan dihasilkan keluaran sistem berupa prediksi curah hujan harian di Kota Pontianak dan menghasilkan tingkat akurasi sistem sebesar 58.06%.

6.2 Saran

Hal-hal yang menjadi saran untuk pengembangan sistem prediksi curah hujan menggunakan metode ANFIS di Kota Pontianak agar lebih baik kedepannya, maka penulis memberi saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan faktor-faktor lain dalam menentukan prediksi curah hujan di Kota Pontianak.
2. Penelitian selanjutnya juga dapat melakukan model penelitian menggunakan metode yang berbeda atau menggunakan metode kombinasi untuk memprediksi

curah hujan di Kota Pontianak atau wilayah lain seperti Kota Singkawang.

3. Pengembangan sistem berikutnya dapat dilakukan dengan menambahkan jangka waktu prediksi yang memiliki rentang waktu lebih kecil seperti prediksi perjam.
4. Menerapkan konsep penelitian ini untuk kasus-kasus lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arsyad, S. (1989). *Konversi Tanah dan Air*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [2] Indrabayu, Nadjamuddin Harun, M. Saleh Pallu, Andani Achmad, Febi Febriyati. (2012). *Prediksi Curah Hujan dengan Fuzzy Logic*. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hassanuddin. Makasar.
- [3] Fausett, L. (1994). *Fundamental of Neural Network (Architectures, Algorithms, and Application)*. New Jersey: Prentice-Hall.
- [4] Kusumadewi, Sri; Hartati, Sri. (2010). *Neuron-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [5] Kusumadewi, Sri. (2003). *Artificial Intellegenci (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Osowski, Stanislaw; dan Linh, Tran Hoai. (2004). "Neuro-Fuzzy TSK Network for Appoximation". Warsaw University of Technology. Poland.
- [7] Jang, JSR; Sun, CT; dan Mizutani, E. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. London: Prentice-Hall.