

# Implementasi *Neural Fuzzy Inference System* dan Algoritma Pelatihan *Levenberg-Marquardt* untuk Prediksi Curah Hujan

Nola Ritha\*<sup>1</sup>, Retantyo Wardoyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pasca Sarjana Ilmu Komputer, FMIPA UGM, Yogyakarta

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: \*[nola.ritha@mail.ugm.ac.id](mailto:nola.ritha@mail.ugm.ac.id), [rw@ugm.ac.id](mailto:rw@ugm.ac.id)

## Abstrak

*Prediksi curah hujan dapat digunakan untuk berbagai kepentingan dan keakuratan dalam memprediksinya menjadi penting dalam berbagai hal. Dalam penelitian ini, data prediksi curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian dari tahun 2013-2014 pada stasiun pengamatan Putussibau Kalimantan Barat. Prediksi curah hujan ini menggunakan empat parameter yaitu rata-rata suhu, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan permukaan laut.*

*Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja *Neural Fuzzy Inference System* dengan algoritma *Levenberg-Marquardt* untuk prediksi curah hujan. Logika fuzzy dapat digunakan untuk menyelesaikan variabel linguistik yang digunakan pada aturan curah hujan. Sedangkan jaringan syaraf tiruan memiliki kemampuan untuk beradaptasi dan kemampuan proses belajar, dikarenakan untuk mengenali pola data dari masukan sebelumnya dalam memprediksi curah hujan dibutuhkan suatu pelatihan. Dan Algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* digunakan karena keefektifan dan kecepatan konvergensinya.*

*Hasil penelitian menunjukkan dari lima model NFIS-LM yang dikembangkan dengan menggunakan berbagai fungsi keanggotaan diperoleh bahwa model NFIS-LM dengan dua belas fungsi keanggotaan dan menggunakan empat input yaitu: suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin dan tekanan permukaan laut memberikan hasil yang terbaik dengan nilai MSE sebesar 0.0262050. Jika dibandingkan dengan model NN-Backpropagation, model NFIS-LM menunjukkan akurasi yang lebih rendah. Hal ini ditunjukkan dari MSE yang dihasilkan dimana model NN-Backpropagation menghasilkan MSE sebesar 0.0167990.*

**Kata kunci**— *Levenberg-Marquardt, Neural Fuzzy Inference System, Prediksi Curah Hujan*

## Abstract

*Rainfall prediction can be used for various purposes and the accuracy in predicting is important in many ways. In this research, data of rainfall prediction use daily rainfall data from 2013-2014 years at rainfall station in Putussibau, West Kalimantan. Rainfall prediction using four parameters: mean temperature, average humidity, wind speed and mean sea level pressure.*

*This research to determine how performance *Neural Fuzzy Inference System* with *Levenberg-Marquardt* training algorithm for rainfall prediction. Fuzzy logic can be used to resolve the linguistic variables used in rule of rainfall. While neural networks have ability to adapt and learning process, due to recognize patterns of data from input need training to prediction. And *Levenberg-Marquardt* algorithm is used for training because of effectiveness and convergence acceleration.*

*The results showed five models NFIS-LM developed using a variety of membership functions as input obtained that model NFIS-LM with twelve of membership functions and use four inputs, such as mean temperature, average humidity, wind speed and mean sea level pressure gives best results to predict rainfall with values Mean Square Error (MSE) of 0.0262050. When compared with model NN-Backpropagation, NFIS-LM models showed lower accuracy. It is shown from MSE generated where model NN-Backpropagation generate MSE of 0.0167990.*

**Keywords**— *Levenberg-Marquardt, Neural Fuzzy Inference System, Rainfall Prediction*

## 1. PENDAHULUAN

Cuaca dan iklim merupakan hal yang sangat berpengaruh dalam kehidupan sehari-hari, seperti dalam bidang pertanian, industri dan transportasi. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap tipe iklim adalah curah hujan. Curah hujan merupakan ketinggian air yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir [1]. Besarnya curah hujan yang terjadi tidak dapat ditentukan secara pasti, namun dapat diprediksi atau diperkirakan. Prediksi curah hujan sangat berdampak dalam berbagai bidang baik secara langsung maupun tidak langsung. Ketepatan dalam memprediksi curah hujan dapat digunakan untuk berbagai kepentingan.

Bidang meteorologi seperti prakiraan cuaca maupun curah hujan umumnya melibatkan konsep, prinsip, dan metode untuk menangani model penalaran yang menggunakan perkiraan daripada yang sebenarnya. Dalam beberapa tahun terakhir, logika *fuzzy* telah menarik perhatian terhadap penanganan semacam ini [2]. Kemampuan menangani ketidakpastian menjadikan logika *fuzzy* sebagai potensi yang besar untuk perkiraan cuaca. Logika *fuzzy* merupakan cara cerdas yang dapat digunakan untuk menangani ketidakjelasan yang sering dihadapi dalam bidang perkiraan meteorologi serta dapat menggabungkan pengetahuan ahli dalam model matematika dalam bentuk sistem inferensi *fuzzy* serta cocok digunakan untuk penalaran perkiraan dengan menggunakan fungsi keanggotaan dan aturan [3]. Teknik ini telah banyak diterapkan untuk banyak masalah meteorologi seperti jangka panjang peramalan curah hujan [4].

Perkembangan model cuaca numerik seiring dengan perkembangan kemampuan komputasi telah menjadi perhatian dalam beberapa tahun terakhir [5]. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk memprediksi besarnya curah hujan disuatu tempat, salah satunya adalah menggunakan teknik jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu metode prediksi yang diakui keunggulannya, terutama untuk prediksi yang melibatkan banyak parameter yang bekerja secara simultan dengan bentuk hubungan fungsional yang tidak simultan [6].

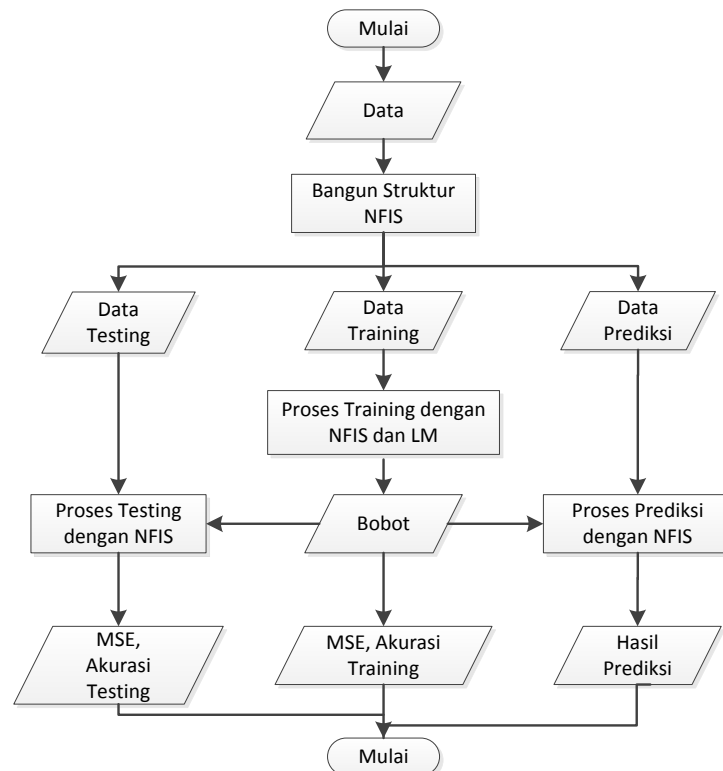
Jaringan syaraf tiruan memerlukan suatu pelatihan atau pembelajaran dalam memproses *input* yang diberikan. Banyak metode lain telah dikembangkan untuk melakukan pelatihan jaringan syaraf tiruan. Algoritma *Levenberg-Marquardt* merupakan algoritma pelatihan yang sangat efisien untuk pelatihan jaringan dengan ukuran jaringan yang kecil hingga jaringan yang tidak terlalu besar dengan menggunakan metode *Backpropagation* jaringan syaraf tiruan [7]. Berdasarkan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa algoritma *Levenberg-Marquardt* adalah algoritma yang cepat dan memiliki konvergensi yang stabil [8]. Penelitian prediksi curah hujan menggunakan jaringan syaraf tiruan dan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* telah dilakukan di beberapa penelitian [9,10]. Algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* juga akan digunakan pada penelitian ini.

Seiring dengan perkembangan teknologi, semakin banyak bermunculan metode-metode yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi curah hujan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan yang di hybrid dengan metode lain seperti yang dilakukan oleh penelitian [11]. Sejalan dengan penelitian [11], penelitian [12] mencoba memperbaiki hasil prediksi curah hujan dengan meningkatkan akurasi yang diperoleh. Penelitian [13,14] mencoba menerapkan metode lain yaitu dengan menerapkan logika *fuzzy* dalam melakukan prediksi curah hujan. Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini mencoba menerapkan metode *Neural Fuzzy Inference System* dan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* dalam melakukan prediksi curah hujan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Deskripsi Sistem

Sistem Prediksi curah hujan menggunakan *Neural Fuzzy Inference System* (NFIS) adalah logika *fuzzy* yang dilatih dengan menggunakan *neural network* dimana logika *fuzzy* digunakan untuk memproses *input* dan selanjutnya *neural network* digunakan untuk mengenali pola data curah hujan. Pada sistem ini, algoritma pelatihan yang digunakan pada saat melakukan proses *training* adalah *Levenberg-Marquardt*. Proses prediksi curah hujan diawali dengan membangun struktur jaringan *Neural Fuzzy Inference System* (NFIS), *Neural Fuzzy Inference System* merupakan gabungan dari 2 sistem yang berbeda yaitu: *Neural Network* dan *Fuzzy Inference System*. Bobot yang diperoleh dari proses *training* digunakan untuk melakukan proses *testing* dan proses prediksi. Pengukuran kinerja untuk melihat akurasi yang dihasilkan berdasarkan nilai MSE yang diperoleh. Secara garis besar gambaran umum sistem yang dikembangkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Deskripsi Sistem

### 2.2. Analisa data

Periode data yang digunakan adalah dua tahun, dimulai dari 1 Januari 2013 sampai dengan 31 Desember 2014. Data masukan dibagi menjadi 2 yaitu, data *training* dan data *testing*. Data *training* digunakan untuk melakukan proses pelatihan yang bertujuan mendapatkan bobot yang diharapkan. Setelah bobot diperoleh, selanjutnya bobot tersebut digunakan untuk melakukan proses *testing* dengan data berbeda yang tidak digunakan pada saat melakukan proses *training*. Variabel data masukan adalah sekumpulan data dari faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan. Sedangkan, Variabel data keluaran merupakan keluaran yang diharapkan dari sistem. Pada sistem prediksi curah hujan ini, keluaran yang dihasilkan berupa curah hujan harian.

Ada banyak variabel yang dapat mempengaruhi terjadinya hujan yang tentunya akan berbeda bergantung pada lokasi atau wilayah yang diamati. Pada penelitian ini, variabel yang mempengaruhi curah hujan yang menjadi variabel masukan (*input*) adalah suhu rata-rata, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan. Pada bagian ini akan dibahas terlebih dahulu

mengenai deskripsi variabel keluaran (*output*) yang berupa curah hujan harian di Putussibau, Kalimantan barat. Sedangkan, untuk variabel masukan (*input*) yang digunakan adalah rata-rata suhu, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan permukaan laut. Deskripsi variabel *output* dan *input* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Deskripsi variabel *output* dan *input*

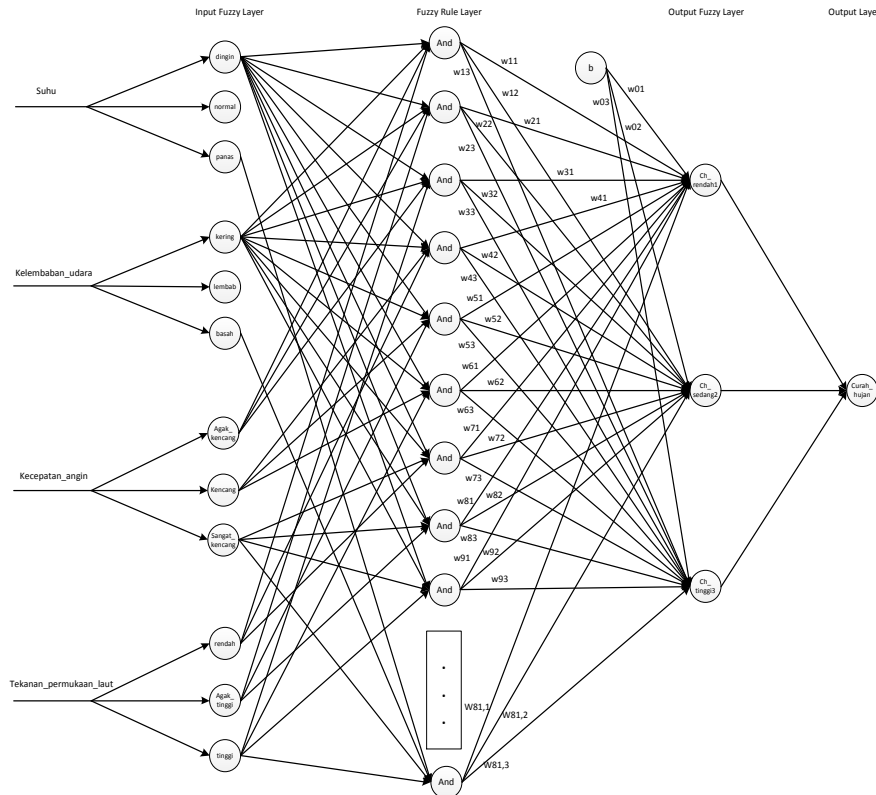
Variabel	Mean	Std. Dev	Min	Max
Curah hujan (mm)	2.7	8.01	0	70
Suhu udara (°C)	27.39	1.24	22	34
Kelembaban udara (%)	77.27	6.477	55	98
Kecepatan angin (km/jam)	3.38	2.496	0	33
Tekanan permukaan laut (milibar)	1010.67	1.388	1006.60	1016.40

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa dalam periode 1 Januari 2013 sampai dengan 31 Desember 2014, curah hujan rata-rata di Putussibau Kalimantan Barat sebesar 2.7 mm. Nilai minimum curah hujan harian di Putussibau Kalimantan Barat adalah nol dimana tidak terjadi hujan sama sekali dalam satu hari. Sedangkan curah hujan maksimum yang pernah terjadi di Putussibau dalam kurun waktu tersebut terjadi pada tanggal 21 November 2014 sebesar 70 mm.

### 2.3. Arsitektur Neural Fuzzy Inference System

Pada NFIS ini sistem logika *fuzzy* yang dilatih dengan jaringan syaraf tiruan. Dalam struktur NFIS terdapat 4 *layer* yaitu: *input fuzzy layer* sebagai *layer* pertama, *fuzzy rule layer* sebagai *layer* kedua, *output fuzzy layer* sebagai *layer* ketiga dan *layer* terakhir adalah *output layer*. *Input fuzzy layer* merepresentasikan variabel linguistik dari anteseden *rule fuzzy* dimana pada *input fuzzy layer* ini setiap *neuron* mewakili himpunan *fuzzy* pada setiap variabel *input* dan menentukan besarnya nilai derajat keanggotaan anteseden *rule fuzzy*. Selanjutnya, pada *layer 2* yang merupakan *fuzzy rule layer* dimana setiap *neuron* pada *layer 2* merepresentasikan kombinasi dari *input fuzzy sets* dengan penghubung "AND" digunakan untuk setiap *neuron* pada *layer* kedua yang membentuk kondisi antesenden yang dibutuhkan dalam membangun *rule fuzzy*. Banyaknya *neuron* pada lapisan ini menunjukkan banyaknya aturan yang dibentuk. Pada *layer 2* operasi himpunan *fuzzy* yang digunakan adalah *T-norm Product* dengan melakukan perkalian setiap nilai keanggotaan.

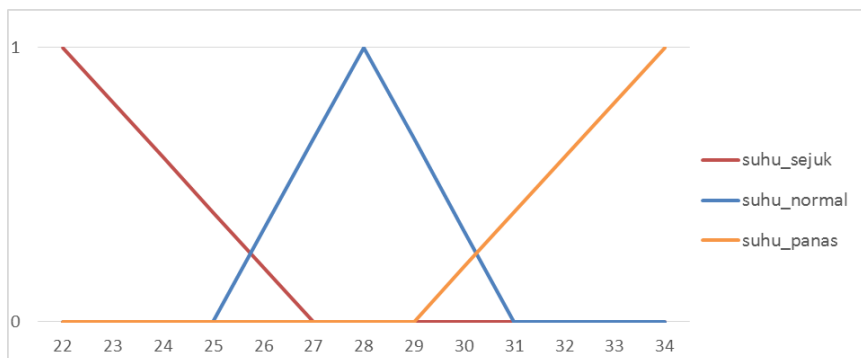
Pada *layer 3* adalah *output fuzzy layer* yang merepresentasikan konsekuen fungsi keanggotaan *fuzzy*. Proses pelatihan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan (*Neural Network*) terjadi antara *layer 2* dan *layer 3*. Dimana dilakukan proses hitung maju (*feedforward*) dengan menggunakan fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi yang akan digunakan adalah menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid* biner. Kemudian, dilakukan proses *update* bobot untuk mendapatkan bobot optimal atau bobot yang diharapkan. Bobot optimal ini akan digunakan dalam melakukan proses prediksi curah hujan, sehingga dapat menghasilkan suatu prediksi yang diharapkan memiliki tingkat keakurasian yang tinggi. Proses *update* bobot dilakukan dengan menggunakan algoritma *Levenberg-Marquardt*. Proses pelatihan dengan *Neural Network* yang terjadi antara *layer 2* dan *layer 3* yang menentukan konsekuen dari *fuzzy rule*. Dan proses terakhir yang merupakan *layer ke-4* pada struktur NFIS adalah *output layer*, proses ini merupakan penentuan nilai *output* curah hujan dalam bentuk bilangan tegas dimana dalam penelitian ini untuk mendapatkan nilai *output* curah hujan dengan mengambil derajat keanggotaan terbesar dari *output* curah hujan pada *layer 3*. Arsitektur jaringan *Neural Fuzzy Inference System* yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Arsitektur *Neural Fuzzy Inference System*

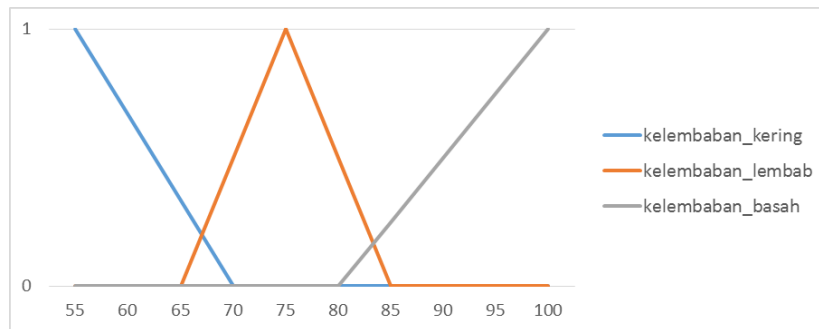
#### 2.4. Proses Prediksi Curah Hujan

Tahap awal pada jaringan NFIS adalah menentukan banyaknya variabel *input*. Selanjutnya, membentuk himpunan *fuzzy* variabel linguistik dari setiap variabel *input* dan menentukan nilai derajat keanggotaan dari setiap variabel *input*. Variabel *input* yang digunakan sebanyak 4 yaitu suhu, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan permukaan laut. Setiap variabel *input* masing-masing memiliki tiga fungsi keanggotaan. Variabel *input* yang pertama adalah suhu dengan tiga fungsi keanggotaan yaitu sejuk, normal dan panas dengan rentang nilai dari 22°C sampai 34°C. kurva fungsi keanggotaan suhu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



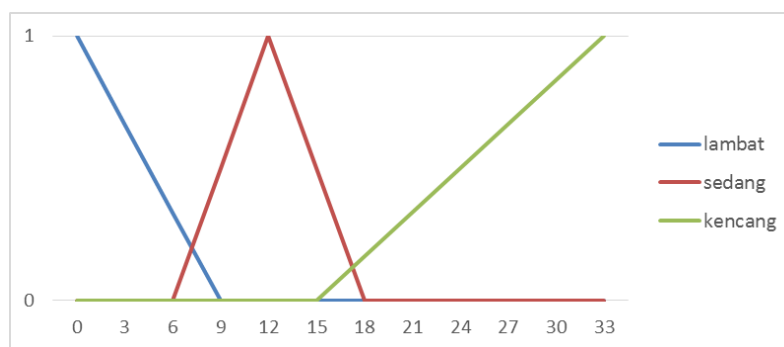
Gambar 3 Kurva fungsi keanggotaan suhu

Variabel *input* yang kedua adalah kelembaban udara dengan tiga fungsi keanggotaan yaitu kering, lembab dan basah dengan rentang nilai dari 55% sampai 98%. Kurva fungsi keanggotaan suhu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



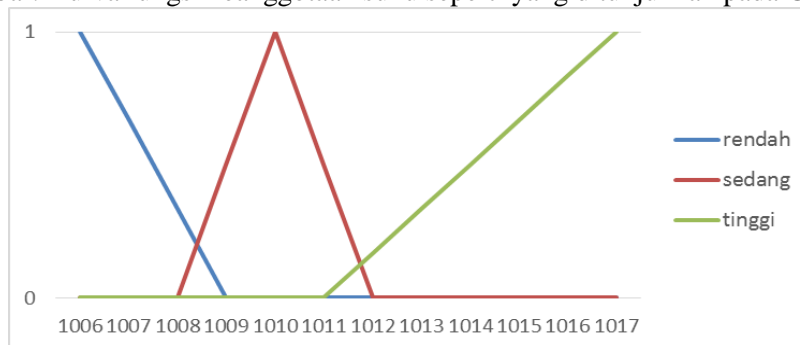
Gambar 4 Kurva fungsi keanggotaan kelembaban udara

Variabel *input* yang ketiga adalah kecepatan angin dengan tiga fungsi keanggotaan yaitu lambat, sedang dan kencang dengan rentang nilai dari 0 sampai 33 km/jam. Kurva fungsi keanggotaan suhu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Kurva fungsi keanggotaan kecepatan angin

Variabel *input* yang keempat adalah tekanan permukaan laut dengan tiga fungsi keanggotaan yaitu rendah, sedang dan tinggi dengan rentang nilai dari 1006.60 milibar sampai 1016.40 milibar. Kurva fungsi keanggotaan suhu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Kurva fungsi keanggotaan tekanan

## 2.5. Proses Training dan Testing

Pada struktur jaringan *Neural Fuzzy Inference System* (NFIS) dan algoritma *Levenberg-Marquardt* ini dilakukan proses pelatihan (*training*) agar dapat memperoleh bobot yang optimal. Pada sistem *Neural Fuzzy Inference System* ini terdapat proses *training* yang melakukan pembelajaran terhadap pola-pola yang dikenali. Proses *training* prediksi curah hujan ini menggunakan target *error* dan nilai MSE, nilai tersebut merupakan kuadrat kesalahan dari selisih hasil prediksi dengan data target. Proses berhenti jika nilai MSE (*Mean Square Error*) lebih kecil dengan target *error* yang telah ditentukan atau dengan maksimum *epoch* yang telah ditentukan dan bobot akhir diperoleh. Tahap awal proses *training* terlebih dahulu dilakukan inialisasi dan parameter-parameter awal seperti inialisasi bobot awal dengan bilangan acak kecil, parameter *marquardt* yang nilainya harus lebih besar dari nol ( $\eta > 0$ ), parameter faktor *tau*



( $\tau$ ) yang digunakan sebagai parameter yang dikalikan atau dibagi dengan parameter *marquardt*, target *error* dan maksimum *epoch*. Setelah inisialisasi dilakukan, selanjutnya memproses data *training* yang digunakan, kemudian setiap data *training* yang masuk ditentukan nilai derajat keanggotaannya dengan menggunakan fungsi keanggotaan.

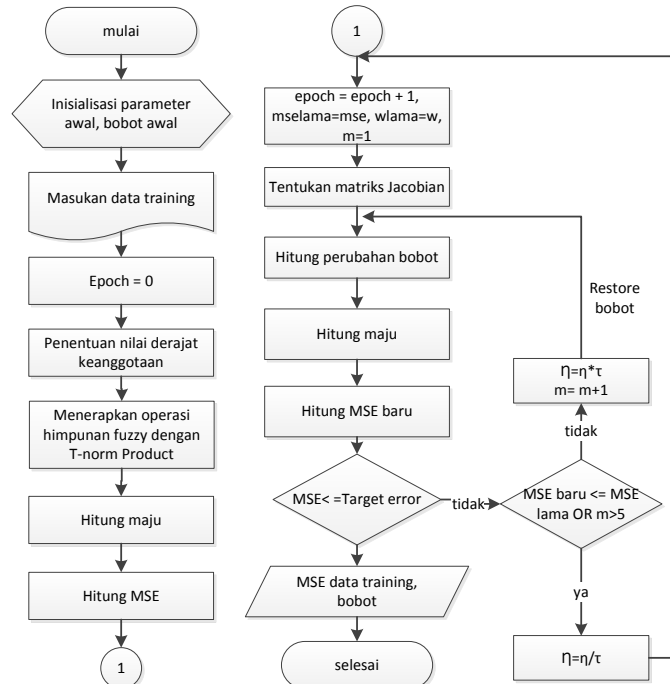
Kemudian dilakukan operasi himpunan *fuzzy* dengan menerapkan *T-norm Product* yaitu melakukan perkalian nilai derajat keanggotaan dari *input fuzzy sets*. Sehingga, mendapatkan nilai *neuron* anteseden (ANT) pada *fuzzy rule layer*. Proses selanjutnya adalah proses hitung maju (*feedforward*), sehingga mendapatkan nilai *output* curah hujan. Kemudian, menghitung nilai MSE. Dalam menghitung nilai MSE langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai *error* dari masing-masing data. *Error* dihitung dengan mengurangkan data target (nilai keanggotaan fungsi curah hujan) dengan nilai *output*. Setelah nilai *error* diperoleh, maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai MSE dengan persamaan (1).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - F_i)^2}{n} \quad (1)$$

Selanjutnya, Menentukan matriks *Jacobian*. Matriks *Jacobian* tersusun dari turunan pertama fungsi *error* terhadap masing-masing komponen bobot. Kemudian, hitung perubahan bobot dengan menggunakan persamaan (2).

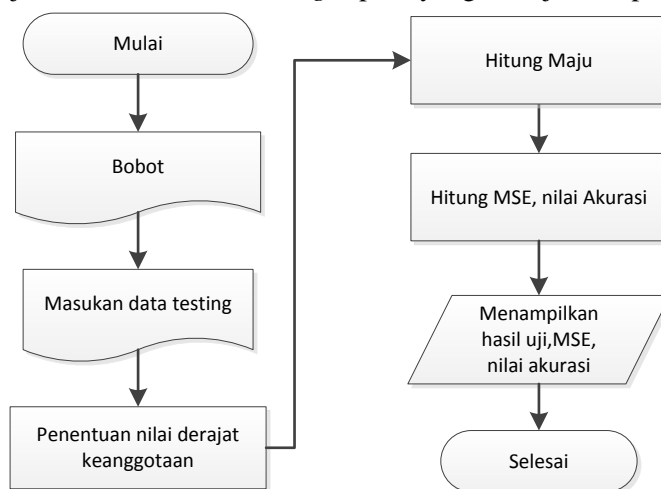
$$\Delta w = [J^T J + \eta I]^{-1} * J^T e \quad (2)$$

Selanjutnya, hitung bobot baru dengan mengurangkan bobot lama dengan hasil perubahan bobot yang diperoleh. Kemudian, lakukan proses *feedforward* kembali dan hitung nilai MSE jaringan dengan menggunakan bobot baru. Jika MSE lebih kecil dari target *error*, maka bobot baru diperoleh. Namun, jika tidak lakukan pengecekan kembali, jika MSE baru kecil dari MSE lama, nilai  $\eta$  akan dibagi oleh faktor  $\tau$ . Kemudian, kembali hitung matriks *Jacobian*. Jika MSE baru lebih besar dari MSE lama, nilai  $\eta$  akan dikalikan dengan faktor  $\tau$ . Selanjutnya lakukan kembali hitung perubahan bobot. Proses *training* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Proses *training* dengan algoritma *Levenberg-Marquardt*

Setelah melakukan proses *training*, maka selanjutnya dilakukan proses *testing*. Pada proses *testing* hasil prediksi akan diuji menggunakan *Mean Square Error* (MSE). *Mean Square Error* (MSE) adalah kuadrat kesalahan dari selisih hasil prediksi dengan data target curah hujan yang dibagi dengan jumlah data. Proses *testing* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Proses *testing*

Penjelasan skema proses *testing* pada Gambar 8 adalah Bobot akhir yang diperoleh pada saat proses *training* digunakan pada saat *testing*. Kemudian, dilakukan proses pengujian terhadap data uji dimana data uji merupakan data baru yang tidak digunakan pada saat *training*. Selanjutnya, untuk setiap data uji dilakukan proses penentuan nilai derajat keanggotaannya. Sistem akan memproses data uji dengan melakukan hitung maju hingga menampilkan hasil uji dengan menggunakan bobot yang diperoleh pada saat *training*. Selanjutnya, dilakukan perhitungan terhadap nilai MSE dan nilai akurasi pada saat proses *testing* tersebut. Semakin besar nilai MSE yang diperoleh maka hasil prediksi curah hujan menjadi tidak akurat dan demikian sebaliknya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang berkaitan dengan penerapan *Neural Fuzzy Inference System* (NFIS) dan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* (LM) untuk prediksi curah hujan dengan studi kasus di stasiun pengamatan curah hujan Putussibau, Kalimantan Barat. Untuk mengetahui kinerja dari sistem prediksi maka dibangunlah sebuah model NFIS-LM yang dipengaruhi oleh beberapa faktor agar dapat menghasilkan keluaran yang lebih baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi pada model jaringan NFIS-LM dalam prediksi antara lain adalah jumlah fungsi keanggotaan dan himpunan *fuzzy* variabel linguistik yang digunakan. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, peneliti coba membandingkan dengan model fungsi keanggotaan lainnya untuk menghasilkan model jaringan NFIS-LM yang terbaik. Pada akhir analisis, hasil proses prediksi dengan model jaringan NFIS-LM terbaik yang telah dihasilkan akan dibandingkan dengan metode lain dimana metode yang dipilih adalah *Neural Network* dan algoritma pelatihan *Backpropagation*. Pengukuran kinerja yang terbaik untuk melihat kemampuan sistem prediksi berdasarkan MSE yang dihasilkan.

#### 3.1. Model NFIS

Dari lima model NFIS-LM yang dikembangkan, maka hasil perbandingan model NFIS-LM yang telah dilakukan tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.



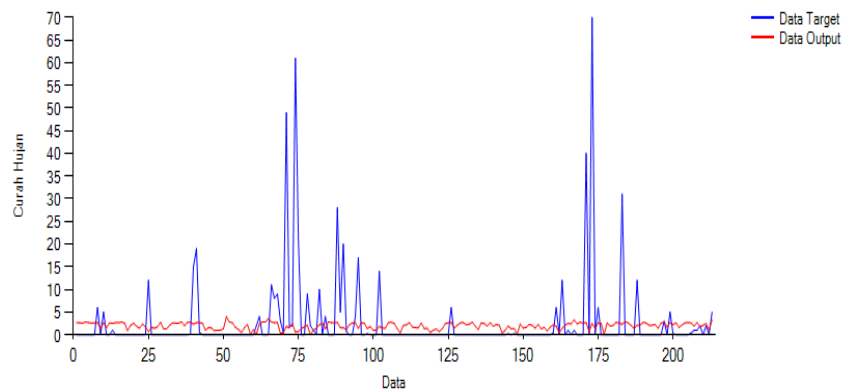
Tabel 2 Perbandingan Model NFIS-LM

Model	Input Fuzzy Sets	Membership Function	MSE Training	MSE Testing
Model-1	SH={Sejuk, Normal, Panas}, KR= {Kering, Lembab, Basah}, KA= (Lambat, Sedang, Kencang}, TPL= {Rendah, Sedang, Tinggi}	12 MF	0.0243444	0.0266006
Model-2	SH={Agak_Sejuk, Normal, Panas}, KR= {Kering, Lembab, Sangat_Basah}, KA= (Agak_Lambat, Sedang, Kencang}, TPL= {Agak_Rendah, Sedang, Tinggi}	12 MF	0.0244175	0.0262050
Model-3	SH={Sejuk, Normal, Panas}, KR= {Kering, Lembab, Sangat_Basah}, KA= (Lambat, Sedang, Sangat_Kencang}, TPL= {Agak_Rendah, Sedang, Tinggi}	12 MF	0.0243157	0.0263522
Model-4	SH={Sejuk, Normal, Panas}, KR= {Kering, Lembab, Basah}, KA= (Lambat, Sedang, Kencang}	9 MF	0.0246660	0.0267514
Model-5	SH={Agak_Sejuk, Normal, Panas}, KR= {Kering, Lembab, Sangat_Basah}, KA= (Agak_Lambat, Sedang, Kencang}	9 MF	0.0248037	0.0263208

Berdasarkan percobaan yang dilakukan maka hasil model NFIS-LM terbaik adalah model-2 dengan nilai MSE sebesar 0.0262050. Tabel perbandingan data target dan *output* yang dihasilkan pada model-2 dapat dilihat pada Tabel 3. Dan Grafik perbandingan data target dan *output* yang dihasilkan pada model-2 dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 3 Perbandingan data target dan *output* curah hujan model-2

No	Target Curah Hujan	Output Curah Hujan
1	0	2.6415438
2	0	2.6415438
3	0	2.5710447
4	0	2.8266940
5	0	2.6749640
6	0	2.5710447
7	0	2.6170931
8	6	2.7259669
9	0	1.3349587
10	5	2.6477411
⋮	⋮	⋮
213	5	3.3035913



Gambar 9 Grafik perbandingan data target dan *output* curah hujan model-2

### 3.2. Perbandingan Metode NFIS-LM dan NN-Backpropagation

Metode *Neural Fuzzy Inference System* dan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* coba dibandingkan dengan metode lain. Metode yang dipilih untuk membandingkan hasil pengujian adalah metode *Neural Network* dengan menggunakan algoritma pelatihan *Backpropagation*. Jumlah *neuron input* yang digunakan pada metode ini adalah 4 yang mewakili variabel suhu rata-rata, kelembaban udara kecepatan angin dan tekanan permukaan laut. Parameter-parameter yang digunakan pada saat melakukan pelatihan adalah *learning rate* sebesar 0.2, target *error* sebesar 0.001, jumlah maksimum *epoch* 50.000 dan jumlah *hidden layer* 1. Percobaan pada tahap *training* untuk mendapatkan nilai mse yang terkecil dengan melakukan percobaan terhadap jumlah node pada *hidden layer* dan jumlah iterasi atau *epoch* yang dilakukan. Tabel 4 menunjukkan perbandingan MSE yang diperoleh dari proses *training*.

Tabel 4 Perbandingan MSE proses *training*

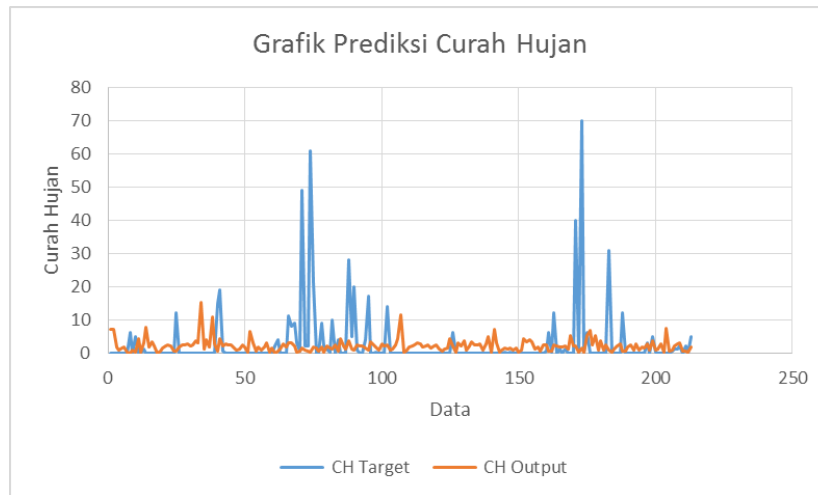
No	Jumlah Neuron Hidden Layer	MSE Training
1	3	0.0111486
2	4	0.0107117
3	7	0.0104712

Hasil *training* dengan menggunakan jumlah vektor data sebanyak 512 titik, menghasilkan nilai MSE terkecil sebesar 0.0104712 dengan parameter *learning rate* sebesar 0.2 dan target *error* sebesar 0.001. Selanjutnya dilakukan proses *testing* untuk menguji bobot yang diperoleh pada saat *training*. Hasil *testing* dengan menggunakan jumlah vektor data sebanyak 213 menghasilkan MSE sebesar 0.0167990. Perbandingan data target dan *output* pada proses *testing* menggunakan metode *Neural Network* dan *Backpropagation* ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan data target dan *output* curah hujan

No	Target Curah Hujan	Output Curah Hujan
1	0	7.211221
2	0	7.211221
3	0	1.649850
4	0	0.841361
5	0	1.476610
6	0	1.649850
7	0	0.212670
8	6	0.024980
9	0	0.901617
10	5	0.072554
⋮	⋮	⋮
213	5	1.901166

Selanjutnya, perbandingan data target dan hasil keluaran curah hujan diinterpretasikan melalui grafik. Hasil perbandingan data target dan hasil keluaran curah hujan menggunakan metode *Neural Network* dan algoritma *Backpropagation* ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik Perbandingan data target dan *output* curah hujan

Hasil dari perbandingan pengujian metode *Neural Fuzzy Inference System* dan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* (NFIS-LM) dengan metode *Neural Network* dan algoritma pelatihan *Backpropagation* (NN-*Backpropagation*) ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Perbandingan metode NFIS-LM dan NN-*Backpropagation*

No	Metode	MSE Training	MSE Testing
1	NFIS-LM	0.0244175	0.0262050
2	NN- <i>Backpropagation</i>	0.0104712	0.0167990

#### 4. KESIMPULAN

- 1 Sistem yang dikembangkan dengan menggunakan metode *Neural Fuzzy Inference System* dan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* dapat memprediksi curah hujan harian.
- 2 Dari hasil percobaan menggunakan 5 model NFIS-LM, model NFIS-LM terbaik dengan nilai MSE terkecil diperoleh dengan dua belas fungsi keanggotaan (*Membership Function*) dan empat parameter masukan yaitu suhu, kelembaban udara, kecepatan angin dan tekanan permukaan laut serta variable linguistik yang digunakan adalah Suhu\_Agak\_Sejuk, Suhu\_Normal, Suhu\_Panas, Kelembaban\_Kering, Kelembaban\_Lembab, Kelembaban\_Sangat\_Basah, Kecepatan\_Agak\_Lambat, Kecepatan\_Sedang, Kecepatan\_Kencang, Tekanan\_Agak\_Rendah, Tekanan\_Sedang dan Tekanan\_Tinggi.
- 3 Hasil perbandingan model NFIS-LM menunjukkan akurasi yang lebih rendah dibandingkan dengan model NN-*Backpropagation*. Hal ini ditunjukkan dari MSE yang dihasilkan. Model NFIS-LM menghasilkan MSE sebesar 0.0262050. Sedangkan model NN-*Backpropagation* menghasilkan MSE sebesar 0.0167990.

#### 5. SARAN

- 1 Perlu dilakukan pengujian dengan data yang lebih banyak, agar jaringan NFIS lebih banyak belajar dalam mengenal pola-pola baru.
- 2 Prediksi curah hujan dapat dikedepankan dengan dua model, yaitu model penghujan dan model kemarau. Sehingga, persebaran data yang digunakan diharapkan lebih merata.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lisa, Y., 2012, Implementasi Algoritma Pelatihan Levenberg Marquardt dan Bayes Regularisasi pada Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prediksi Curah Hujan. *Tesis*, Jurusan Ilmu Komputer UGM, Yogyakarta.
- [2] Askiany, S.A., Elhelow, K., Youssef, I.K. dan El-wahab, M.A., 2007, Rainfall Events Prediction using Rule-Based Fuzzy Inference System, *Atmospheric Research* 101, 228-236.
- [3] Shu, C. dan Ouarda, T.B.M.J., 2008, Regional Flood Frequency Analysis at Ungauged Sites using the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *Journal of Hydrology*, 31-43.
- [4] Abraham, A., Philip, N.S. dan Joseph, B., 2001, Long Term Rain Forecasting Using Soft Computing Model, *Publication of the Society for Computer Simulation International*, Prague, Czech Republic, 1044-1048.
- [5] Gustari, I., Hadi, S. dan Renggono, F., 2012, Akurasi Prediksi Curah Hujan Harian Operasional Di Jabodetabek: Perbandingan Dengan Model WRF, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 119-130.
- [6] Hermantoro, 2011, Pengaruh Perubahan Iklim pada Produktivitas Perkebunan Kelapa Sawit Menggunakan Model Jaringan Syaraf Tiruan, *Seminar Mekanisasi Pertanian*, Serpong.
- [7] Hagan M.T. dan Menhaj, M.B., 1994, Training Feedforward Networks with the Marquardt Algorithm, *IEEE Transactions on Neural Networks*, November 1994, 989-993.
- [8] Yu, H. dan Wilamowski, B.M., 2011, Advanced Learning Algorithms of Neural Networks, *Disertasi*, Auburn University, USA.
- [9] Warsito, B. dan Sumiyati S., 2007, Prediksi Curah Hujan Kota Semarang dengan Feedforward Neural Networks Menggunakan Algoritma Quasi Newton BFGS dan Levenberg-Marquardt, *Jurnal PRESIPITASI*, vol 3, September 2007.
- [10] Naik, A.R. dan Pathan, S.K., 2012, Weather Classification and Forecasting using Backpropagation Feed-forward Neural Networks, *International Journal of Scientific and Reserch Publications*, vol 2, Desember 2012.
- [11] Indrabayu, Harun, N., Pallu, M.S., Achmad, A. dan Febriyati, F., 2011, Prediksi Curah Hujan di Wilayah Makassar Menggunakan Metode Wavelet-Neural Network, *Jurnal ELEKTRIKAL Jurusan Teknik Elektro UNHAS*, vol 9, Mei-Agustus 2011.
- [12] Indrabayu, Harun, N., Pallu, M.S., Achmad, A., dan Febriyati, F., 2012, Prediksi Curah Hujan Dengan Jaringan Saraf Tiruan, *Jurnal PROSIDING Fakultas Teknik UNHAS*, vol 6, Desember 2012.
- [13] Navianti, D.R., Usadha, I.G.N.R. dan Widjajati, F.A., 2012, Penerapan Fuzzy Inference System pada Prediksi Curah Hujan di Surabaya Utara, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, vol 1, September 2012.
- [14] Patel, J. dan Parekh F., 2014, Forecasting Rainfall Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS), *International Journal of Application or Innovation in Engineering Management (IJAEM)*, vol 3, June 2014.