

IMPLEMENTASI *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN

Marfuah¹, Martaleli Bettiza², Alena Uperiati³

Fuah198@gmail.com

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

Abstract

The weather conditions in each area in Lingga Regency are monitored by the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency (BMKG) of the Dabo Meteorological Station (Stamet) which can change every day, weather is very important and greatly influences the activities of all living things, rainfall is one of the factors of weather which also affects the activities of living things. Therefore it is necessary to know the conditions of rainfall every day. In this case, we need a system that is able to predict rainfall. In this final project, the author uses wind speed, air humidity, temperature, and air pressure data as input, while rainfall will be the target output starting from January 2017 to December 2018. The prediction method used is ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) by applying the Fuzzy K-Means method to perform generalized bell fuzzification. In this scientific work ANFIS is used to predict rainfall in the Lingga Regency area. From the results of the tests carried out, it can be seen that in the training data the smallest error is obtained at Learning rate 0.8, namely with a value of 0.024456, while in the new premise parameters in the test data, the smallest error is obtained at a learning rate of 0.9 with a value of 0.01255 using RMSE (Root Mean Squared Error).

Keywords: Prediction, Rainfall, Normalization, K-means, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS).

I. Pendahuluan

Kabupaten Lingga adalah salah satu Kabupaten di Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia. Kabupaten Lingga memiliki 10 kecamatan, 7 kelurahan, dan 82 desa, salah satu kelurahan yaitu kelurahan dabo yang ada di kecamatan singkep, dimana pada kelurahan ini terdapat kantor Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) untuk memantau kondisi cuaca di Kabupaten Lingga. Pentingnya informasi mengenai kondisi cuaca tersebut agar masyarakat dapat mengetahui kondisi cuaca setiap hari dengan data yang di pantau oleh Stasiun Meteorologi (Stamet) Dabo.

Kondisi cuaca disetiap daerah di Kabupaten Lingga yang dipantau oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi (Stamet) Dabo bisa berubah-ubah setiap harinya, cuaca sangat penting dan sangat berpengaruh terhadap aktifitas semua makhluk hidup, curah hujan merupakan salah satu faktor dari cuaca yang juga berpengaruh terhadap aktifitas makhluk hidup. Oleh karena itu perlunya mengetahui kondisi curah hujan setiap harinya.

Studi kasus sebelumnya yang dilakukan oleh Navianty *et al.*, (2019) dengan judul “Penerapan *Fuzzy Inference System* pada Prediksi Curah Hujan di Surabaya Utara” dalam penelitian ini memaparkan mengenai cuaca merupakan hal penting yang perlu dipelajari karena cuaca di suatu daerah menentukan rangkaian aktifitas manusia. Sebagai contoh, informasi iklim dan klasifikasinya banyak

menjadi acuan untuk bidang pertanian, transportasi, dan pariwisata seperti: pelayaran, penerbangan, dan masa pola tanam. Beberapa penelitian juga menyebutkan bahwa iklim mempengaruhi kondisi keadaan ekonomi di suatu daerah. Cuaca dipengaruhi dengan beberapa faktor yaitu suhu, kelembaban relatif, tekanan udara, kecepatan angin, total lapisan awan, dan penyinaran matahari. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya tuntutan dari berbagai pihak yang membutuhkan informasi kondisi atmosfer bumi yang lebih 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.

II. Metode Penelitian

2.1 Curah Hujan

Indonesia sebagai daerah ekuatorial (10° U 10° S) menerima surplus energi panas untuk segala musim. Dampak ekinoks terlihat pada distribusi curah hujan bulanan yang menunjukkan maksima ganda seperti di Pontianak. Energi panas ini dipakai untuk menggerakkan atmosfer secara global ke daerah-daerah lintang menengah dan tinggi melalui awan Cumulus tinggi (Cumulonimbus) yang terbentuk di daerah ekuatorial. Ada tiga daerah ekuatorial dimana konveksi troposfer dan formasi awan Cumulusnya menjadi penting, yaitu Indonesia, Afrika ekuatorial (Afrika Tengah), dan Amerika ekuatorial (Amerika Selatan). Tetapi diantara ketiganya, Indonesia adalah daerah konvektif sangat aktif, pembentukan awan Cumulusnya bervariasi secara musiman dan non musiman ataupun tahunan oleh fenomena monsun, El Nino/La Nina, Osilasi Selatan, Osilasi Madden Julian, oleh fenomena lokal seperti angin laut darat, arus anabatic katabatic, angin seperti Föhn dan lain-lain (Tjasyono, 2012).

2.2 Normalisasi Data

Normalisasi ini bertujuan untuk mendapatkan data dengan ukuran yang lebih kecil yang mewakili data yang asli tanpa kehilangan karakteristik sendirinya. Rumus dari normalisasi yaitu: (Indrabayu dkk., 2012)

$$X_n = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Dimana :

X_n = nilai data normal

X = nilai data aktual

X_{min} = nilai minimum dari data aktual keseluruhan

X_{max} = nilai maksimum dari data aktual keseluruhan

2.3 K-Means

K-Means merupakan metode yang termasuk dalam algoritma *clustering* berbasis jarak yang membagi data ke dalam sejumlah *cluster* dan algoritma ini hanya bekerja pada atribut numerik (Dhuhita, 2015). Algoritma dari *K-means* sebagai berikut.

Tentukan k sebagai jumlah *cluster* yang ingin dibentuk dan tetapkan pusat *cluster* secara acak.

Hitung jarak setiap data ke pusat *cluster* menggunakan *Euclidean (d)* persamaan.

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (x_3 - x_4)^2 + \dots^2}$$

Kelompokkan data ke dalam *cluster* dengan jarak yang paling pendek (terkecil).

$$\text{Min } \sum_{k=1}^k d_{ik} = \sqrt{\sum_j^m (C_{ij} - C_{kj})^2}$$

Hitung pusat cluster yang baru menggunakan persamaan

$$C_{kj} = \sum_{i=1}^p X_{ij} \quad (2.2)$$

Ulangi langkah 2 sampai 4 sampai tidak ada lagi data yang berpindah ke *cluster* yang lain. Setelah diperoleh hasil pengelompokkan data, selanjutnya akan dihitung nilai parameter premis c (*mean*) dan a (standar deviasi). Perhitungan nilai mean menggunakan persamaan berikut. Persamaan *Mean* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\bar{\mu} = \frac{\sum x}{n}$$

Dimana :

- x = data ke n
- $\bar{\mu}$ = nilai rata-rata sampel
- n = banyaknya data

Sedangkan untuk mencari *Standar Deviasi* dapat dituliskan dengan persamaan dibawah ini.

$$\sigma = \sqrt{\sum \frac{(x - \mu)^2}{n}}$$

Dimana :

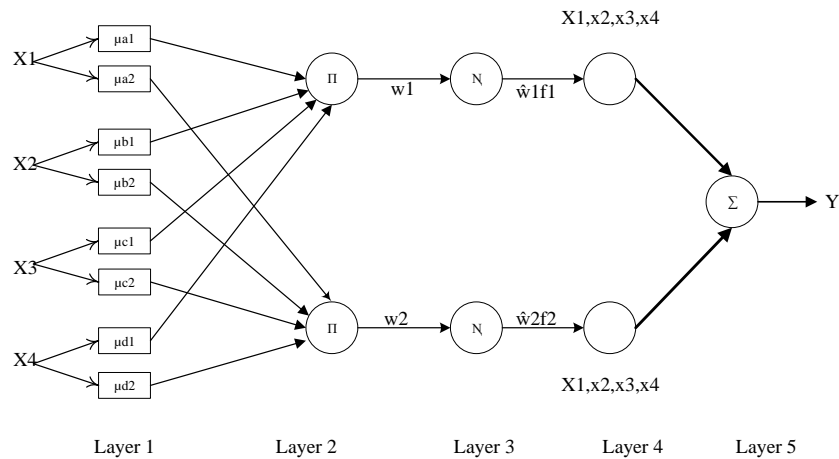
- x = data ke n
- μ = nilai rata-rata sampel
- n = banyaknya data

2.4 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Menurut Dewi (2006) dalam Azhar dan Mahmudy (2018) *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) adalah jaringan yang berbasis pada system *inference fuzzy*. Parameter ANFIS dapat dipisahkan menjadi dua, yaitu parameter premis dan konsekuen yang dapat diadaptasikan dengan pelatihan *hybrid*. Pelatihan *hybrid* dilakukan dalam dua langkah, yaitu langkah maju dan langkah mundur. ANFIS merupakan arsitektur yang secara fungsional sama dengan *fuzzy rule base* model Sugeno dan juga sama dengan jaringan syaraf tiruan fungsi radial dengan sedikit batasan tertentu penggabungan mekanisme *fuzzy inference system* yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Sistem inferensi yang digunakan adalah sistem *inferensi fuzzy* model Takagi Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi.

A. ANFIS langkah maju

Salah satu bentuk struktur yang sudah sangat dikenal adalah seperti terlihat pada gambar berikut ini. Dalam struktur ini, sistem *inferensi fuzzy* yang diterapkan adalah *inferensi fuzzy* model Takagi-Sugeno-Kang (Fatkhurrozi, 2017).



Gambar 1. Struktur ANFIS Langkah Maju.

Seperti terlihat pada gambar 1, sistem ANFIS terdiri dari 5 lapisan, lapisan yang disimbolkan dengan kotak adalah lapisan yang bersifat *adaptif*. Sedangkan yang disimbolkan dengan lingkaran adalah bersifat tetap. Berikut ini adalah penjelasan untuk setiap lapisannya.

Lapisan 1 : Pada lapisan pertama data input pada masing-masing periode akan dilakukan proses *fuzzyfikasi*.

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

Lapisan 2, Tiap-tiap neuron pada lapisan kedua berupa neuron tetap yang *outputnya* adalah hasil dari lapisan pertama, dengan persamaan sebagai berikut.

$$w_1 = \mu_{A1}(x1) \cdot \mu_{B1}(x2) \cdot \mu_{c1}(x3) \cdot \mu_{d1}(x4)$$

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 :

$$O_{3,1} = \bar{w}_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2};$$

Lapisan 4, Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul :

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x_1 + q_i x_2 \dots n) + r_i, i = 1,2$$

Sehingga :

$$O_{4,1} = \bar{w}_1 f_1 = \bar{w}_1 (p_1 x_1 + q_1 x_2 + s_1 x_3 + t_1 x_4) + r_1, i = 1,2$$

Dengan \bar{w} adalah derajat pengaktifan ternormalisasi dari lapisan 3 dan $\{p_i, q_i, r_i\}$ menyatakan parameter konsekuen yang adaptif. Untuk mencari nilai parameter konsekuen θ pada tahap ini digunakan metode *Least-Squares Estimator* (LSE) yang ditulis sebagai berikut :

$$A^T \hat{\theta} = A^T Y$$

Dimana A^T merupakan Matriks A Transpose. Tiap simpul pada lapisan ini berupa simpul *adaptif*, oleh karena itu pada lapisan ini matriks A diperoleh dari hasil perkalian *output* lapisan 3 (\bar{w}_1 ,

\bar{w}_2) dengan data (x_1, x_2, \dots, x_n) , jumlah baris dari matriks A sebanyak jumlah data masukan x_n , untuk ANFIS matriks A dituliskan sebagai berikut.

$$A = \begin{bmatrix} \bar{w}_1 * x_1 & \bar{w}_1 * x_2 & \bar{w}_1 & \bar{w}_2 * x_1 & \bar{w}_2 * x_2 & \bar{w}_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{w}_1 * x_1 & \bar{w}_1 * x_2 & \bar{w}_1 & \bar{w}_2 * x_1 & \bar{w}_2 * x_2 & \bar{w}_2 \end{bmatrix}$$

Pada tahap ini digunakan metode *Least Squares Estimator* (LSE) untuk mencari nilai parameter konsekuen (θ). Persamaan untuk metode LSE di tunjukkan pada persamaan berikut ini :

$$\theta = (A^T A)^{-1} - A^T . Y$$

Dimana :

- θ = Parameter konsekuen
- A^T = Matriks A Transpose
- A = Matriks A
- Y = *Output* atau target yang diinginkan

Sehingga diperoleh parameter :

$$\theta = [p_1, q_1, r_1; p_2, q_2, r_2]$$

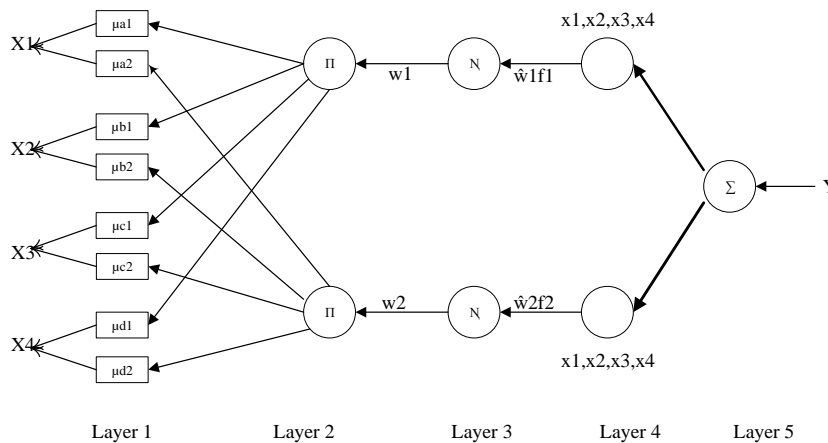
Lapisan 5, Pada lapisan ini hanya ada satu simpul tetap yang fungsinya untuk menjumlahkan semua masukan atau menjumlahkan semua *output* pada lapisan 4 ($\bar{w}_i f_i$). Persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$O_{5,1} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}$$

A. ANFIS langkah mundur

Struktur langkah mundur pada ANFIS dengan menggunakan algoritma *Error Backpropagation* (EBP), dimana setiap layer dilakukan perhitungan *error* untuk melakukan update parameter-parameter ANFIS.

Struktur ANFIS langkah mundur dijelaskan pada gambar berikut ini :



Gambar 2. Struktur ANFIS Langkah Mundur.

Error pada lapisan 5 : Persamaan yang digunakan untuk menghitung *error* pada lapisan 5 seperti persamaan berikut.

$$\varepsilon_{51} = \frac{\partial E_{zt}}{\partial f} = -2(z_t - f)$$

dengan z_t adalah *output* target, f adalah *output* jaringan, dan E_{zt} adalah jumlah kuadrat *error* (SSE) pada lapisan kelima

$$E_{zt} = \sum (z_t - f)^2.$$

Error pada lapisan 4 : Lapisan ini tidak dilakukan perhitungan *error*, hal ini dikarenakan pada alur mundur tidak terjadi *update* nilai parameter konsekuen sehingga nilai *error* pada lapisan 4 sama dengan nilai *error* pada lapisan 5.

Error pada lapisan 3 : Pada lapisan 3 terdapat 2 buah neuron. Untuk menghitung *error* pada lapisan 3 menggunakan persamaan sebagai berikut.

Maka :

$$\varepsilon_{31} = \varepsilon_{51}(p_1x_1 + q_1x_2 + s_1x_3 + t_1x_4 + r_1)$$

$$\varepsilon_{32} = \varepsilon_{51}(p_2x_1 + q_2x_2 + s_2x_3 + t_2x_4 + r_2)$$

Error pada lapisan 2 : Pada lapisan 2 dilakukan perhitungan *error* dengan melibatkan *error* 3. Persamaan yang digunakan adalah persamaan berikut. Pada lapisan 2 terdapat sebanyak dua buah neuron. Propagasi *error* yang menuju lapisan ini dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{31} = \varepsilon_{31} \left(\frac{w_2}{(w_1+w_2)^2} \right) + \varepsilon_{32} \left(-\frac{w_2}{(w_1+w_2)^2} \right) = \frac{w_2}{(w_1+w_2)^2} = (\varepsilon_{31} - \varepsilon_{32})$$

$$\varepsilon_{32} = \varepsilon_{31} \left(\frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2} \right) + \varepsilon_{32} \left(-\frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2} \right) = \left(\frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2} \right) = (\varepsilon_{32} - \varepsilon_{31})$$

Error pada lapisan 1 : Pada lapisan 1 dilakukan perhitungan *error* dengan melibatkan *error* 5, 3 dan 2. Persamaan untuk menghitung *error* pada lapisan ini adalah persamaan berikut.

$$a_{ij} = a_{ij}(\text{lama}) + \Delta a_{ij} \text{ dan } c_{ij} = c_{ij}(\text{lama}) + \Delta c_{ij}$$

2.5 RMSE (Root Mean Squared Error)

RMSE merupakan metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan. RMSE adalah rata-rata kuadrat dari perbedaan nilai estimasi dengan nilai observasi suatu variabel. Jika nilai RMSE semakin kecil maka estimasi model atau variabel tersebut semakin valid.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\sum_{t=1}^n \frac{(ft-ft^*)^2}{n}} \quad (2.52)$$

Dimana:

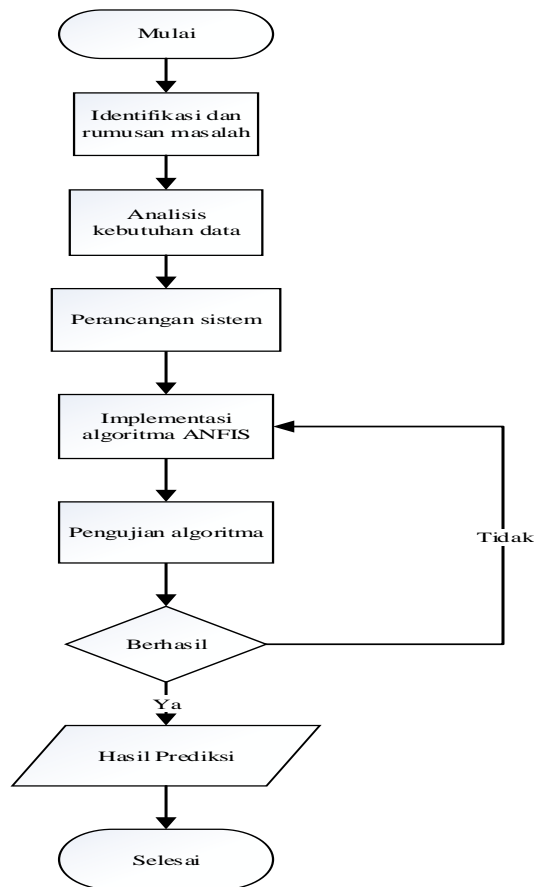
ft = Output target

ft^* = Output Jaringan

n = Jumlah

2.6 Flowchart Metodologi Penelitian

Adapun Flowchart Metode Penelitian yang dilakukan pada implementasi Metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) terlihat pada Gambar 3.

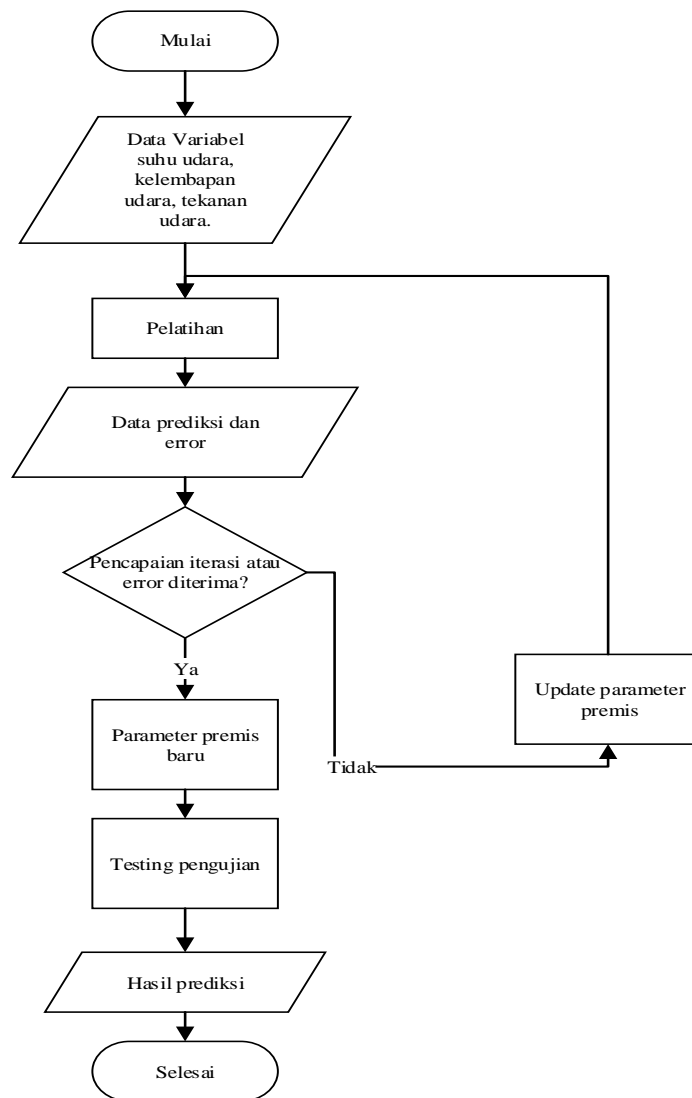


Gambar 3. Flowchart Metodologi Penelitian

Berdasarkan *flowchart* diatas, penulis terlebih dahulu mengidentifikasi masalah serta melakukan perumusan masalah, setelah selesai mengidentifikasi masalah, langkah selanjutnya yaitu menganalisa kebutuhan data yang akan diolah oleh peneliti sebagai acuan untuk melakukan proses perancangan sistem yang akan dirancang oleh peneliti, selanjutnya yaitu data yang telah diolah dilakukan implementasi dengan metode yang digunakan yaitu *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS), setelah itu dilakukan pengujian algoritma ANFIS untuk mengetahui tingkat *error* pada data yang akan diuji, jika pada proses pengujian berhasil langkah selanjutnya yaitu hasil dari proses perhitungan dengan algoritma ANFIS, Jika proses pengujian tidak berhasil maka akan dilakukan implementasi pengujian algoritma ANFIS lagi hingga sampai proses berhasil

2.5 Flowchart Sistem

Adapun Flowchart Sistem yang dilakukan pada implementasi Metode DBSCAN seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Sistem

Gambar 4 merupakan *flowchart* proses pembelajaran dalam metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dimana pada penginputan data dengan menginput variabel suhu udara, kelembapan udara, serta tekanan udara, dengan data perbulan dimulai pada bulan januari tahun 2017 sampai bulan desember tahun 2018. Kemudian setelah selesai penginputan variabel data suhu udara, kelembapan udara, dan tekanan udara, proses selanjutnya yaitu clustering dengan fuzzy k-means untuk memperoleh pengelompokkan data untuk mencari pusat cluster. Pada proses selanjutnya yaitu dilakukan pelatihan dengan data yang diperoleh dari bulan januari tahun 2017 hingga bulan desember tahun 2018 dimana data tersebut akan dibagi untuk digunakan sebagai .

Pada tahap data prediksi dan error disini digunakan fungsi keanggotaan *generalized bell* untuk menentukan fungsi keanggotaan pada proses pembelajaran *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk mengetahui tingkat error yang terkecil digunakan *Root Mean Squares Error* (RMSE) sehingga diperoleh kondisi pencapaian iterasi akan error, jika tingkat error yang diperoleh masih besar maka perlu dilakukan iterasi hingga tingkat error yang diperoleh kecil dan proses selesai.

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Data pada sistem prediksi curah hujan total data yang digunakan dibagi untuk proses pelatihan dan pengujian, dengan menggunakan 23 bulan sebanyak 335 data untuk pelatihan dan 30 data untuk pengujian. Selanjutnya data set dari pelatihan dan pengujian tersebut dipasangkan sesuai dengan *input-output* yang akan digunakan. Untuk memperoleh struktur jaringan terbaik sehingga memberikan hasil prediksi yang optimal dilakukan pelatihan menggunakan beberapa kombinasi masukan data yaitu 1, 2, 3 dan 4 masukan, serta dilakukan pelatihan pada nilai *learning rate* dengan nilai acak pada rentang nilai 0 sampai dengan 1 untuk mendapatkan parameter premis baru. Agar mendapatkan hasil kesalahan dengan error terkecil hasil prediksi diukur menggunakan *Root Means Square Error* (RMSE).

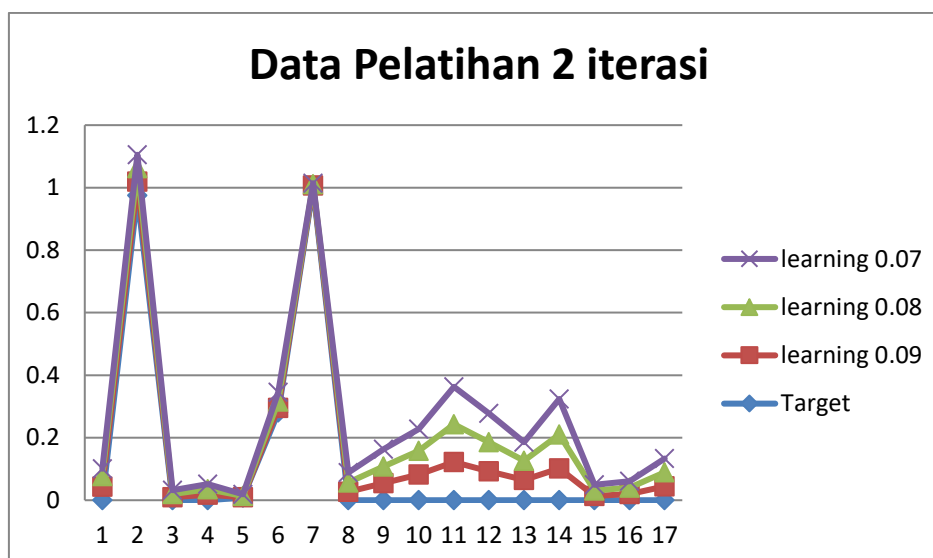
3.3 Pembahasan

Pada proses pelatihan data yang telah ditentukan sebelumnya akan menggunakan 2 iterasi untuk melakukan pembelajaran terhadap parameter premis dengan menggunakan nilai *learning rate* 0.7, 0.8, dan 0.9. Kemudian hasil dari pelatihan akan digunakan untuk proses pengujian. Berikut ini merupakan hasil pelatihan yang akan di tunjukkan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Akurasi Keseluruhan data latih.

Target	Output	learning 0.9	Output	learning 0.8	Output	Learning 0.7
0	-0.04349	0.04349	-0.03349	0.03349	-0.02406	0.02406
0.9752	0.93100	0.04420	0.93187	0.04333	0.93266	0.04254
0	0.00957	0.00957	0.01050	0.01050	0.01200	0.01200
0	0.01799	0.01799	0.01716	0.01716	0.01642	0.01642
0.0083	0.00671	0.00159	0.00474	0.00356	0.00271	0.00559
0.281	0.26696	0.01404	0.25989	0.02111	0.25222	0.02878
1	0.99338	0.00662	0.99545	0.00455	0.99693	0.00307
0	0.02712	0.02712	0.02928	0.02928	0.03202	0.03202
0	0.05414	0.05414	0.05420	0.05420	0.05439	0.05439
0	0.08258	0.08258	0.07565	0.07565	0.06906	0.06906
0	-0.12181	0.12181	-0.12095	0.12095	-0.12037	0.12037
0	-0.09284	0.09284	-0.09264	0.09264	-0.09259	0.09259
0	0.06484	0.06484	0.06169	0.06169	0.05875	0.05875
0	0.10218	0.10218	0.10803	0.10803	0.11390	0.11390
0	-0.01384	0.01384	-0.01679	0.01679	-0.01921	0.01921
0	-0.02000	0.02000	-0.02009	0.02009	-0.02034	0.02034
	RMSE	0.04480	RMSE	0.04456	RMSE	0.04457

Berdasarkan Tabel 1 di atas dapat diketahui bahwa rata-rata nilai RMSE untuk semua nilai *learning rate* yang diujikan cukup bagus yaitu dibawah satu. Dari nilai tersebut, RMSE terkecil diperoleh pada hasil pengujian dengan *learning rate* 0, yaitu sebesar 0,04456. Sedangkan pada saat menggunakan *learning rate* 0,9 didapatkan RMSE sebesar 0,04480, *learning rate* 0,7 didapatkan RMSE 0,04457. Dimana nilai parameter premis pada data tersebut akan digunakan untuk melakukan pengujian. Berikut ini merupakan grafik hasil pngujian data latih curah hujan dengan 3 *Learning rate* yang berbeda.



Gambar 5. Grafik Hasil Data Pelatihan.

IV. Kesimpulan

Dari keseluruhan pengerjaan tugas akhir ini, dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

- 1) Metode ANFIS dapat digunakan sebagai metode untuk memprediksi curah hujan.
- 2) Jenis kelompok data yang berbeda pada model ANFIS dapat mempengaruhi hasil prediksi.
- 3) Output ANFIS dapat berubah seiring dengan pengaturan parameter tiap waktunya.
- 4) *Error* untuk data prediksi bergantung pada jumlah data yang digunakan untuk *training* maupun *testing*.

Berdasarkan pembahasan mengenai model neuro fuzzy, yaitu model ANFIS (*adaptive neuro fuzzy inference sistem*) yang diaplikasikan untuk menentukan prediksi curah hujan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut laju pembelajaran yang digunakan ANFIS untuk mendapatkan RMSE 0.04456 pada iterasi 2 dengan *learning rate* 0.8, sedangkan pada proses pengujian dihasilkan RMSE sebesar 0.01255 dengan 2 iterasi dan pada *learning rate* 0.9, hal ini menunjukkan bahwa ANFIS memberikan hasil yang mendekati akurat untuk prediksi curah hujan di kabupaten lingga.

V. Daftar Pustaka

- Dewi, C., Kartikasari, D. P., dan Mursityo, Y. T., 2014, Prediksi Cuaca Pada Data Time Series Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS), *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, Vol. 1, No. 5, Hlm. 18-24.
- Fatkhurrozi, B., Muslim, M. A., dan Santoso, D. R. (2017). *Aktivitas Gunung Merapi*. (Studi Kasus : Gunung Merapi, Provinsi Jawa Tengah), *Jurnal EECCIS*, Vol 6. No 2, Desember 2012.
- Firdianty, E, Bettiza, M., dan Ritha, N. (2015). Implementasi Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Untuk Prediksi Ketinggian Gelombang, (Studi Kasus : Perairan di Pulau Bintan), *Jurnal Teknik Informatika*, Repository.umrah.ac.id 2015.
- Fitriyah, R.T, Bettiza, M., dan Uperiati, A, *Implementasi Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Untuk Memprediksi Cuaca*, (Studi Kasus : Cuaca Di Wilayah Tanjungpinang), *Jurnal Teknik Informatika*, Repository.umrah.ac.id 2015.
- Haryanto, F.A.S., Ernawati., Puspitaningrum, D., 2015, Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Memprediksi Cuaca, *Jurnal Rekursif*, Vol. 3, (No.2).
- Bayong Tjasyono. *Meteorologi Indonesia*, Volume 1, 2012. (Judul : Karakteristik dan Sirkulasi Atmosfer), Jakarta, 2012. hal 6-9.
- Julisman, S., dan Erlin. (2019). "*Prediksi Tingkat Curah Hujan di Kota Pekanbaru Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani* (Studi Kasus : Curah Hujan Kota Pekanbaru), Vol 3, No.1, *Jurnal Sains dan Teknologi Informasi*, Juni 2014.
- Khasanah, U., Novitasari, D. C. R., Utami, W. D., dan Intan, P. K. (2019). *ANALISIS PERAMALAN BEBAN LISTRIK* (

- Studi Kasus : PT . PLN (Persero) Area Pengaturan Distribusi Jawa Timur).* Vol 1. No 1, Jurnal SAINS dan seni ITS, September 2018.
- Navianti, D. R., Ngurah, I. G., Usadha, R., Widjajati, F. A., dan Meteorologi, A. (2019). *pada Prediksi Curah Hujan di Surabaya Utara.* (Studi Kasus : Curah Hujan di Surabaya Utara), Vol 1. No 1. Jurnal Sains dan Teknologi. <https://doi.org.1123145677.1134>. 24 September 2018.
- Purnomo, D.H, Graha Ilmu Jakarta, vol 3, 2014 (Judul : Logika *Fuzzy*) Terbitan di Jakarta, Tahun 2014, hal 7 dan 12.
- Susanti, M., Handoko S., dan Winardi, B., 2016, Peramalan Beban Puncak Harian pada PT. PLN (PERSERO) APB Jateng dan DIY Menggunakan ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), (Studi Kasus : PT.PLN), Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK), Vol. 12, No 2, 23 Januari 2017.
- T., Islam, U., dan Yusuf, S. (2015). *DALAM PENYUSUNAN PENAWARAN HARGA LELANG BUILDING MANAGEMENT MENGGUNAKAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM.* (Studi Kasus : PT. Garuda Karya Mandiri) Jurnal Teknik Informatika, Vol 2. No.1, 3 Maret 2015.
- Vu, N. T., Tran, N. P., dan Nguyen, N. H. (2018). *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Based Path Planning for Excavator Arm,* Jurnal of Robotics, Volume 2018, Article ID 2571243, 7 Pages, <https://doi.org/10.1155/2018/2571243>, 2 Desember 2018.

VI. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang mulia kepada :

1. Allah SWT yang memberikan Anugerah yang luar biasa kepada Penulis.
2. Kedua orang tua Bapak Makarma dan Ibu Hamnah, Keluarga Besar, Nenek, Kakek, maysarah, hatijah dan wulandari sebagai sepupu yang selalu memberi semangat kepada penulis serta teman-teman seperjuangan dan yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
3. Ibu Nurul Hayaty, S.T., M.Cs. selaku ketua Prodi Jurusan Teknik Informatika dan seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Informatika Umrah.
4. Ibu Martaleli Bettiza, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan, dukungan dan semangat kepada Penulis.
5. Ibu Alena Uperiati, S.T., M.Cs. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, dukungan dan semangat kepada Penulis..
6. “Para Pejuang Skripsi Angkatan 2016” (Siti Julaiha, Dewi Fitrianiingsih, Yeni, Siti Fajariati, Weny Utari, Pinka Ayu Pratiwi, Sariuli ana maria aritonang)
7. Abang dan Kakak Tata Usaha Fakultas Teknik Informatika.