

PREDIKSI CURAH HUJAN TAHUNAN MENGGUNAKAN ANFIS DENGAN PENGELOMPOKAN DATA (Studi Kasus Pada Stasiun Meteorologi Bandara Jalaluddin)

Ifan Wiranto¹, Wahab Musa², Wrastawa Ridwan³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

Jl. Jenderal Soedirman No. 6 Kota Gorontalo

E-mail: ifan_te@ung.ac.id, wmus@ung.ac.id, wridwan@ung.ac.id

ABSTRAK

Dampak perubahan iklim yang terjadi di Indonesia mengakibatkan beberapa wilayah mengalami kejadian banjir yang tidak mengikuti pola banjir umumnya. Selain itu, musim kemarau juga semakin panjang dan sulit diprediksi kapan awal musim tanam bisa dimulai. Pada sisi lain, informasi tentang prediksi curah hujan sangat diperlukan oleh berbagai sektor untuk menyusun program dan melaksanakan kegiatannya. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya sistem prediksi curah hujan untuk mendukung kegiatan sektor-sektor tersebut. Pada penelitian ini, digunakan model ANFIS untuk memprediksi curah hujan. ANFIS adalah metode prediksi yang menggabungkan antara sistem fuzzy dan jaringan syaraf tiruan yang dikenal sebagai *neuro-fuzzy*. Keunggulan pada sistem fuzzy yaitu membangun pengetahuan para pakar dan jaringan syaraf tiruan memiliki kemampuan untuk melakukan pembelajaran. Sebelum melakukan proses pelatihan, data masukan dikelompokkan dalam beberapa kelompok. Hal ini dilakukan karena data yang tersedia belum cukup banyak. Berdasarkan hasil pelatihan dan validasi diperoleh bahwa model ANFIS optimum adalah model tiga masukan satu keluaran dan enam fungsi keanggotaan. Diperoleh persentase kesalahan rata-rata adalah 28,59 %.

Kata kunci: curah hujan, ANFIS

1. Pendahuluan

Berdasarkan data hujan bulanan historis (1931-1990), yang dibagi menjadi dua periode yaitu tahun 1931-1960 dan tahun 1960-1990 diperoleh bahwa di Indonesia telah mengalami perubahan iklim (Kaimudin, 2000). Menurut Nurdin (Nurdin, 2013), di wilayah Gorontalo telah terjadi perubahan iklim yang mengakibatkan beberapa wilayah di Gorontalo mengalami kejadian banjir yang tidak mengikuti pola banjir umumnya. Selain itu, musim kemarau di daerah ini juga semakin panjang dan sulit diprediksi kapan awal musim tanam bisa dimulai. Adanya bukti ini, dapat menjadi landasan untuk mempertimbangkan membangun sebuah sistem yang mampu memprediksi cuaca, khususnya curah hujan. Hasil prediksi curah hujan ini dapat digunakan sebagai acuan untuk meminimalkan dampak yang mungkin terjadi di masa mendatang. Khususnya bagi petani, hasil prediksi ini dapat menjadi acuan untuk menentukan pola tanam.

Dalam tiga dasawarsa terakhir, mulai berkembang adanya teknik-teknik pendekatan dalam penyelesaian masalah yang kemudian dikenal dengan istilah *soft computing*. *Soft computing* adalah suatu model pendekatan untuk melakukan komputasi dengan meniru akal manusia dan memiliki kemampuan untuk menalar dan belajar pada lingkungan yang penuh dengan ketidakpastian dan ketidaktepatan (Jang, 1997). Komponen utama pembentuk *soft computing* adalah sistem fuzzy, jaringan syaraf, algoritma evolusioner, dan penalaran dengan probabilitas. Adakalanya komponen-komponen utama *soft computing* saling dipadukan (hibrid) untuk mendapatkan algoritma yang lebih sempurna. Salah satunya adalah perpaduan antara sistem fuzzy dan jaringan syaraf tiruan yang dikenal sebagai sistem *neuro-fuzzy*. Sistem hibrid ini diketahui mampu untuk mendukung aplikasi-aplikasi seperti pemrosesan sinyal secara adaptif, identifikasi sistem nonlinier, regresi nonlinier, dan pencocokan pola (Kusumadewi dan Hartati, 2006).

Berdasarkan keunggulan sistem *neuro-fuzzy* tersebut, maka dalam penelitian ini ditawarkan untuk menggunakan sistem *neuro-fuzzy* untuk memprediksi curah hujan. Beberapa penelitian tentang prediksi curah hujan telah dilakukan dengan berbagai metode, di antaranya oleh (Novianti, dkk, 2012), (Oktaviani dan Afdal, 2013), (Saputro, dkk, 2013), (Wiranto dan Bonok, 2016).

2. Pengertian Hujan

Hujan adalah jatuhnya hydrometeor yang berupa partikel-partikel air dengan diameter 0.5 mm atau lebih. Jika jatuhnya sampai ketanah maka disebut hujan, akan tetapi apabila jatuhnya tidak dapat mencapai tanah karena menguap lagi maka jatuhnya tersebut disebut Virga. Hujan juga dapat didefinisikan dengan uap yang mengondensasi dan jatuh ketanah dalam rangkaian proses hidrologi.

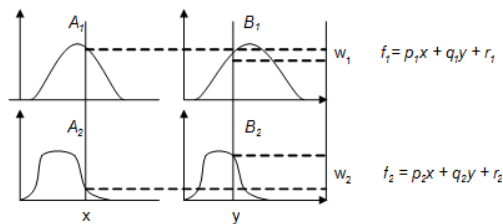
Curah hujan harian adalah hujan yang terjadi dan tercatat pada stasiun pengamatan curah hujan setiap hari (selama 24 jam). Data curah hujan harian biasanya dipakai untuk simulasi kebutuhan air tanaman, simulasi operasi waduk. Curah hujan harian maksimum adalah curah hujan harian tertinggi dalam tahun pengamatan pada suatu stasiun tertentu. Data ini biasanya digunakan untuk perancangan bangunan hidrolis sungai seperti bendung, bendungan, tanggul, pengaman sungai, dan drainase. Curah hujan bulanan adalah jumlah curah hujan harian dalam satu bulan pengamatan pada suatu stasiun curah hujan tertentu. Data ini biasanya digunakan untuk simulasi kebutuhan air dan menentukan pola tanam. Curah hujan tahunan adalah jumlah curah hujan bulanan dalam satu tahun pengamatan pada suatu stasiun curah hujan tertentu.

3. Struktur ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)

ANFIS adalah salah satu pendekatan penggabungan sistem *Neuro-Fuzzy* di mana mekanisme sistem inferensi *fuzzy* digambarkan dalam suatu arsitektur jaringan syaraf. Sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah sistem *fuzzy* model TSK (Takagi-Sugeno-Kang) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan serta kemudahan komputasi. Pada sistem inferensi fuzzy TSK orde satu dengan dua masukan dan satu keluaran, aturan yang biasanya digunakan adalah :

$$\text{Aturan 1 : if } x \text{ is } A_1 \text{ and } y \text{ is } B_1 \text{ then } f_1 = p_1x + q_1y + r_1$$

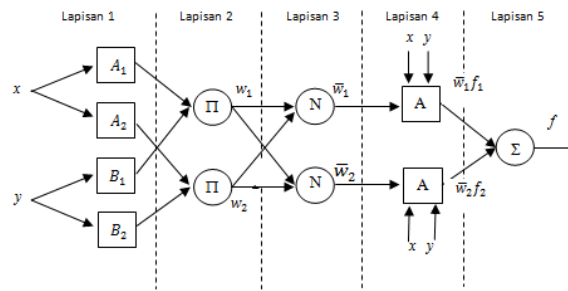
$$\text{Aturan 2 : if } x \text{ is } A_2 \text{ and } y \text{ is } B_2 \text{ then } f_2 = p_2x + q_2y + r_2$$



Gambar 1. ANFIS Sugeno orde satu

$$f_1 = \frac{w_1 f_1 + w_2 f_2}{w_1 + w_2} = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2 \quad (1)$$

Struktur ANFIS yang menggambarkan sistem *fuzzy* TSK dalam suatu arsitektur jaringan syaraf *Feed Forward*, ekuivalen dengan Gambar 1., terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur jaringan ANFIS

Pada Gambar 2., terlihat sistem *neuro-fuzzy* terdiri dari lima lapisan. Tiap lapisan terdiri dari beberapa simpul yang dilambangkan dengan kotak atau lingkaran. Lambang lingkaran pada struktur ANFIS melambangkan simpul tetap dengan parameter yang tidak berubah sedangkan lambang kotak melambangkan simpul adaptif dengan parameter yang berubah. Secara umum kelima lapisan struktur ANFIS dapat dijelaskan sebagai berikut (Jang, dkk,1997):

Lapisan 1, Setiap simpul i pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul:

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

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y) \text{ untuk } i = 3, 4 \quad (2)$$

dengan x (atau y) merupakan masukan terhadap simpul i , dan A_i (atau B_{i-2}) merupakan label *linguistik* (seperti “kecil” atau “besar”) yang diasosiasikan dengan simpul tersebut. Dengan kata lain, $O_{1,i}$ adalah derajat keanggotaan himpunan fuzzy $A(=A_1, A_2, B_1, \text{ atau } B_2)$ dan menentukan derajat keanggotaan dari masukan x (atau y). Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi *generalized bell*:

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

dengan $\{a_i, b_i, c_i\}$ adalah himpunan parameter. Parameter pada lapisan disebut *parameter premis*.

Lapisan 2, Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul tetap yang dilambangkan dengan Π . Keluarannya merupakan hasil operasi fuzzy AND (operator T-Norm) semua sinyal yang masuk.

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_i}(y), i = 1, 2. \quad (4)$$

Keluaran setiap simpul merepresentasikan derajat pengaktifan tiap aturan fuzzy. Banyaknya simpul pada lapisan ini menyatakan banyaknya aturan yang dibentuk.

Lapisan 3, Setiap simpul pada lapisan ini merupakan lapisan tetap yang diberi lambang N . simpul ke- i menghitung rasio antara derajat pengaktifan ke- i terhadap jumlah seluruh derajat pengaktifan aturan setiap simpul.

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}$$

keluaran dari lapisan ini disebut normalisasi derajat pengaktifan (*normalized firing strengths*).

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

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i(p_i x + q_i y + r_i) \quad (5)$$

dengan \bar{w}_i adalah normalisasi derajat pengaktifan dari lapisan ketiga dan $\{p_i, q_i, r_i\}$ adalah himpunan parameter dari simpul tersebut. Parameter pada lapisan ini disebut *parameter konsekuen*.

Lapisan 5, Simpul tunggal pada lapisan ini merupakan simpul tetap yang diberi label Σ yang menjumlahkan semua sinyal masukan dari lapisan sebelumnya sebagai keluaran akhir dari ANFIS. Persamaan fungsi pada lapisan ini adalah:

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

3.1. Tahapan Pemodelan

Proses pemodelan ANFIS terdiri atas dua tahapan, yaitu tahap pelatihan (*training*) dan tahap validasi. Proses pelatihan akan menghasilkan model untuk data pelatihan. Selanjutnya model hasil pelatihan diberi masukan data validasi untuk melihat kemampuan model ANFIS mengenali pola data validasi yang digunakan. Jadi, sebelum melakukan proses pelatihan, data yang tersedia dibagi menjadi 2 bagian, yaitu data untuk pelatihan dan data validasi.

Selanjutnya model ANFIS dibangun dengan menentukan jumlah dan keluaran, serta jumlah fungsi keanggotaan (*membership function*). Setelah model ANFIS dibangun, kemudian model melakukan proses pelatihan menggunakan data pelatihan. Selama proses pelatihan, ANFIS menyesuaikan bobot-bobot fungsi keanggotaan dan parameter-parameter konsekuen sehingga keluaran sistem sudah sesuai dengan nilai keluaran aktual. Apabila nilai RMSE (*Root Mean Squared Error*) sudah cukup kecil, maka ANFIS dianggap telah berhasil melakukan proses pelatihan. RMSE adalah suatu cara yang digunakan untuk mengukur perbedaan antara nilai prediksi dari sebuah model atau estimator dengan nilai aktual hasil pengamatan. Formula untuk menghitung RMSE adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (7)$$

dengan \bar{y} adalah nilai prediksi, y adalah nilai aktual, dan n adalah jumlah data.

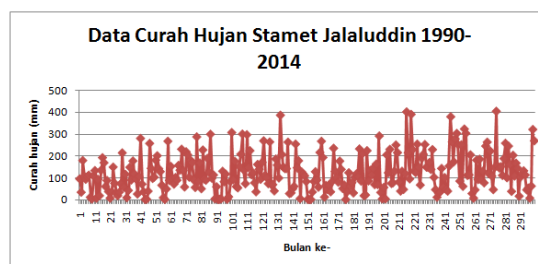
Apabila nilai RMSE masih cukup besar, maka model ANFIS dibangun kembali dengan jumlah masukan dan atau jumlah fungsi keanggotaan yang ditingkatkan (ditambah). Apabila sudah diperoleh model ANFIS yang sesuai, maka model yang telah diperoleh dilakukan proses validasi yaitu dengan menggunakan data validasi. Model ANFIS dianggap telah dapat melakukan prediksi apabila nilai AARE (*Average Absolute Relative Error*) pada proses validasi sudah cukup kecil. Apabila pada proses validasi diperoleh nilai AARE yang cukup besar, maka proses pemodelan sistem diulangi dari awal. Nilai AARE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (8) sebagai berikut,

$$\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{y_{obs}(t) - y_{est}(t)}{y_{obs}(t)} \right| \times 100 \% \quad (8)$$

dengan y_{obs} adalah nilai hasil pengamatan dan y_{est} adalah nilai hasil prediksi.

3.2. Model ANFIS Untuk Prediksi Curah Hujan

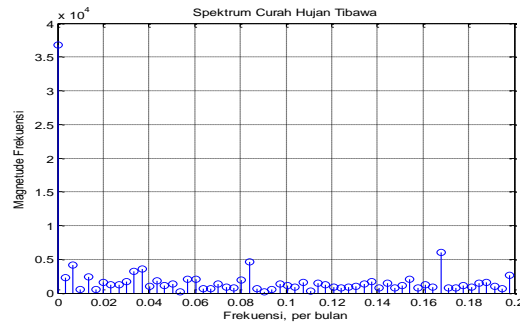
Data curah hujan pada Stasiun Meteorologi Bandara Jalaluddin dari tahun 1990 sampai tahun 2014 dapat diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Data Curah Hujan Stamet Jalaluddin

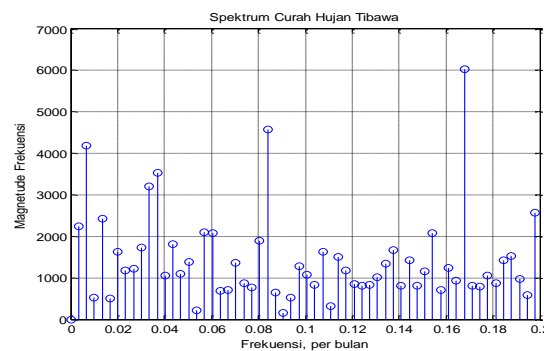
Gorontalo, 7 November 2019

Sebelum sampai pada langkah pelatihan, terlebih dahulu dilakukan langkah analisis spektrum frekuensi terhadap data historis. Analisis spektrum frekuensi bertujuan untuk mendapatkan spektrum frekuensi yang dominan pada data tersebut, sehingga dapat ditentukan masukan dan keluaran yang sesuai untuk proses pelatihan. Berdasarkan analisis spektrum frekuensi untuk data curah hujan Stamet Jalaluddin, diperoleh grafik spektrum frekuensi seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum Frekuensi Data Curah Hujan Tibawa

Apabila komponen frekuensi nol dihilangkan maka diperoleh spektrum seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum Frekuensi tanpa Frekuensi Nol

Berdasarkan Gambar 5., tampak bahwa tiga frekuensi yang dominan adalah frekuensi 0,0067 atau periodenya adalah 149,25 bulan, frekuensi 0,0839 atau periodenya adalah 11,92 bulan (1 tahun) dan frekuensi 0,1678 atau periodenya adalah 5,96 bulan (setengah tahun). Dari data frekuensi tersebut, dapat ditentukan data masukan adalah data pertahun untuk memprediksi curah hujan satu tahun ke depan.

Ditentukan tiga masukan dan satu keluaran untuk model ANFIS. Struktur masukan-keluaran model prediksi seperti terlihat pada persamaan (9):

$$\text{Masukan: } w(t) = [x(t), x(t - 1), x(t - 2)]$$

$$\text{Keluaran: } s(t) = [x(t + 1)]$$

(9)

Variabel t menyatakan waktu dalam tahun.

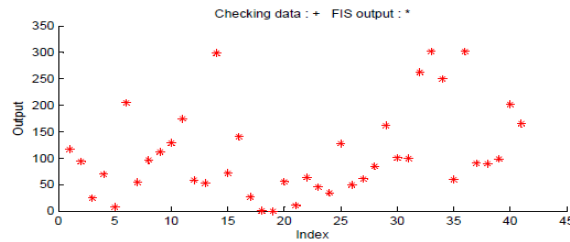
Kemudian data dibagi dua yaitu data pelatihan dan data validasi. Data validasi adalah data yang tidak diikuti pada proses pelatihan. Diambil data validasi adalah data curah hujan tahun 2014 (12 bulan), sedangkan sisanya digunakan sebagai data pelatihan.

Selanjutnya membuat matriks data pasangan masukan-keluaran. Matriks data yang telah dibuat dibagi menjadi empat kelompok. Keempat kelompok data tersebut adalah data menaik, data menurun, data membukit, dan data melembah. Data menaik adalah data masukan yang cenderung naik. Data menurun adalah data masukan yang cenderung turun. Data membukit adalah data masukan yang cenderung naik kemudian turun. Sedangkan data melembah adalah data yang cenderung turun kemudian naik. Kemudian masing-masing kelompok data tersebut dijadikan data pelatihan untuk model ANFIS secara sendiri-sendiri. Sebelum melakukan pelatihan, model ANFIS terlebih dahulu dibangun dengan menentukan jumlah fungsi keanggotaan masing-masing masukan, bentuk fungsi keanggotaan dan menentukan parameter konsekuen. Pada pelatihan ini ditentukan model ANFIS dengan masing-masing masukan

Gorontalo, 7 November 2019

memiliki 6 fungsi keanggotaan, bentuk fungsi keanggotaan adalah *generalized bell* dan parameter konsekuen adalah linier.

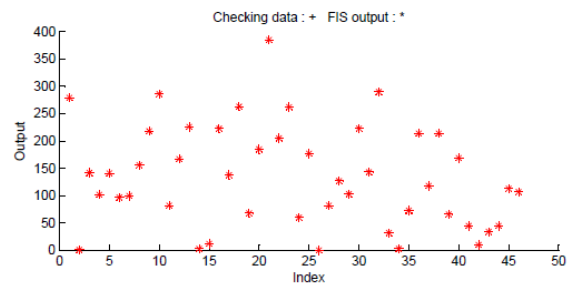
Untuk data menaik diperoleh hasil training, nilai RMSE sebesar 0,0023. Hasil testing model ANFIS diperoleh seperti tampak pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil testing model ANFIS untuk data menaik

Berdasarkan Gambar 6., tampak bahwa keluaran model ANFIS berhimpit dengan data aktual. Hal ini menunjukkan bahwa model ANFIS telah berhasil mengenali pola data pelatihan.

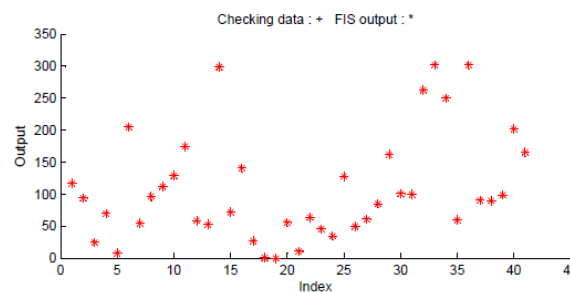
Untuk data menurun diperoleh hasil training, nilai RMSE sebesar 0,0006. Hasil testing model ANFIS diperoleh seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil testing model ANFIS untuk data menurun

Berdasarkan Gambar 7., tampak bahwa keluaran model ANFIS berhimpit dengan data aktual. Hal ini menunjukkan bahwa model ANFIS telah berhasil mengenali pola data pelatihan.

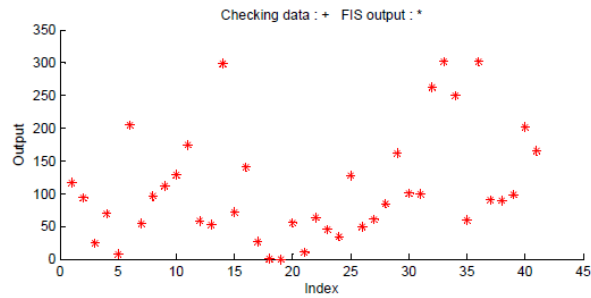
Untuk data membukit diperoleh hasil training, nilai RMSE sebesar 0,012. Hasil testing model ANFIS diperoleh seperti tampak pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil testing model ANFIS untuk data membukit

Berdasarkan Gambar 8., tampak bahwa keluaran model ANFIS berhimpit dengan data aktual. Hal ini menunjukkan bahwa model ANFIS telah berhasil mengenali pola data pelatihan.

Untuk data melembah diperoleh hasil training, nilai RMSE sebesar 0,022. Hasil testing model ANFIS diperoleh seperti tampak pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil testing model ANFIS untuk data melembah

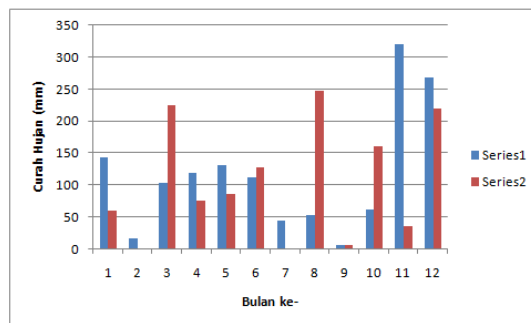
Berdasarkan Gambar 9., tampak bahwa keluaran model ANFIS berhimpit dengan data aktual. Hal ini menunjukkan bahwa model ANFIS telah berhasil mengenali pola data pelatihan.

Setelah mendapatkan model ANFIS yang telah dilatih, maka selanjutnya dilakukan validasi. Data validasi adalah data curah hujan pada tahun 2014 dari bulan Januari sampai Desember. Tabel 1. menunjukkan hasil validasi data.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Aktual dan Nilai Prediksi Pada Stamet Jalaluddin

| Bulan | Curah Hujan Aktual | Curah Hujan Prediksi |
|-----------|--------------------|----------------------|
| Januari | 143 | 60,4 |
| Pebruari | 15 | 1 |
| Maret | 103 | 225 |
| April | 118 | 75 |
| Mei | 131 | 86 |
| Juni | 112 | 128,13 |
| Juli | 44 | 1 |
| Agustus | 52 | 248 |
| September | 6 | 6,17 |
| Oktober | 61 | 161 |
| Nopember | 320 | 35,6 |
| Desember | 268 | 220,5 |

Gambar 14. menunjukkan grafik perbandingan antara nilai aktual dan nilai prediksi. Warna biru adalah nilai aktual, sedangkan warna merah adalah nilai prediksi.



Gambar 14. Perbandingan nilai aktual dan nilai prediksi

Nilai AARE diperoleh sebesar 28,59 %.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, pengelompokan data masukan untuk proses pelatihan model ANFIS mampu mempercepat menuju konvergen. Untuk kasus prediksi curah hujan pada Stasiun Meteorologi Bandara Jalaluddin Gorontalo diperoleh model ANFIS dengan tiga masukan satu keluaran dan enam fungsi keanggotaan memiliki persentase kesalahan rata-rata adalah 28,59 %

PUSTAKA

- Jang, J.S.R., C.T. Sun dan E. Mizutani, (1997), *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Kaimuddin, (2000), *Kajian Dampak Perubahan Iklim dan Tata Guna Lahan Terhadap Keseimbangan Air Wilayah Sulawesi Selatan*, Disertasi Program Studi AGK-FPS IPB, Bogor.
- Kusumadewi, S., S. Hartati, (2006), *Neuro Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Novianti, D.R., F.A. Widjajati, I.G.N.R. Usadha, ,(2012), *Penerapan Fuzzy Inference System pada Prediksi Curah Hujan di Surabaya Utara*, Jurnal Sains dan Seni ITS, Vol. 1, No. 1, September 2012, Surabaya
- Nurdin, (2011), *Antisipasi Perubahan Iklim Untuk Keberlanjutan Ketahanan Pangan*, Jurnal Dialog Kebijakan Publik, Edisi 4, Nopember 2011, Jakarta
- Octaviani, C., Afdal ,(2013), *Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Beberapa Fungsi Pelatihan Backpropagation*, Jurnal Fisika Unand Vol. 2, No. 4, Oktober 2013, Padang.
- Saputro, D.R.S., A.N. Mattjik, R. Boer, A.H. Wigena, A. Djuraidah, (2013), *Model Additive-Vector Autoregressive Exogenous untuk Prediksi Curah Hujan di Kabupaten Indramayu*, Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik, Vol. 15, No. 2, Juli 2013
- Wiranto, I., Z. Bonok, (2016), *Perbandingan Akurasi Jaringan Syaraf Tiruan dan ANFIS dalam Pengenalan Pola Data Curah Hujan Wilayah Bendungan Lomaya*, Jurnal Teknik, Vol. 14, No.2, Desember 2016.