

**PERAMALAN SAMBARAN PETIR DENGAN MENGGUNAKAN ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE
SYSTEEM (ANFIS)
(STUDI KASUS: KOTA BANDUNG)**

**FORECASTING STROKES OF LIGHTNING USING ADAPTIVE
NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)
(CASE STUDY: BANDUNG)**

Ary Pranajaya¹, Reza Fauzy Iskandar², Ahmad Qurthobi³, Rasmid⁴

^{1,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

⁴Seksi Sata dan Informasi, Stasiun Geofisika Klas I Bandung

¹pranajaya.ari@gmail.com, ²reazafauzi@gmail.com, ³qurthobi@gmail.com, ⁴rasmid@bmkkg.co.id

Abstrak

Dalam penelitian ini dilakukan pembentukan dan pengujian suatu PEMODELAN (*forecasting*) jumlah sambaran petir di Kota Bandung dengan menggunakan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* berdasarkan data *time series* jumlah sambaran petir dari 1 Januari 2007 sampai 31 Desember 2010. Penelitian dilakukan untuk membuat PEMODELAN dan mengetahui hasil peramalan tersebut. Pembuatan model dilakukan menggunakan *software* MATLAB dengan metode ANFIS yang merupakan salah satu metode kecerdasan buatan. Dalam pemodelan tersebut, dilakukan dua hal yaitu pelatihan dan pengujian data. Pelatihan data bertujuan untuk mengetahui PEMODELAN sedangkan pengujian data dilakukan untuk menguji PEMODELAN. Berdasarkan pelatihan yang dilakukan, diperoleh bahwa model mengikuti bentuk persamaan $\sum_i \bar{w}_i (p_i x_1 + q_i)$, dimana pada pengujian data didapatkan jumlah galat harian, MBE, dan RMSE yang kecil, yaitu masing-masing secara berurutan 3.63×10^{-6} , -3.94×10^{-9} , 2.84×10^{-8} . Selain itu koefisien person korelasi yang didapat adalah +1 artinya data ramal dan data aktual memiliki hubungan yang kuat serta arah yang positif yaitu peningkatan atau penurunan pada data ramal mengikuti peningkatan atau penurunan data aktual.

Kata Kunci: Peramalan, Sambaran Petir, ANFIS

Abstract

In this study, forming and testing of a forecasting model for the number of lightning strikes in the city of Bandung by using *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* based on time series data the number of lightning strikes from 1 January 2007 to 31 December 2010. The research purpose to make forecasting models and knowing the results of the forecasting. Model making is done using MATLAB software with ANFIS method which is one of the methods of artificial intelligence. In the modeling, two things are done namely training and testing data. Data training purpose to know forecasting models while data testing is done to test forecasting models. Based on the training data, the model obtained is the equation form $\sum_i \bar{w}_i (p_i x_1 + q_i)$, where in the test data the number of daily errors, MBE, and RMSE is small, which are respectively respectively 3.63×10^{-6} , -3.94×10^{-9} , 2.84×10^{-8} . In addition, the correlation coefficient obtained is +1, meaning predictive data and aktual data have a strong and positive direction, namely increasing or decreasing the forecast data following an increase or decrease in aktual data.

Keywords: Forecasting, Lightning Strikes, ANFIS

1. Pendahuluan

Peramalan (*forecasting*) merupakan suatu proses untuk memperkirakan suatu kejadian di masa depan dalam rangka memenuhi kebutuhan-kebutuhan tertentu [1]. Peramalan memerlukan data di masa lalu untuk dapat melihat situasi di masa yang akan datang. Peramalan perlu dilakukan agar pekerjaan yang dilakukan dapat mencapai hasil yang optimal. Selain itu, hasil peramalan dapat dijadikan pedoman untuk menentukan kebutuhan yang diperlukan untuk menghadapi peristiwa yang akan datang.

Peramalan sering dilakukan dalam berbagai bidang antara lain bidang ekonomi, sosial, dan sains, serta bidang-bidang lainnya. Pada bidang sains, Safril, dkk. telah melakukan prediksi hujan bulanan menggunakan metode *adaptive statistical downscaling* [2]. Untuk mencapai akurasi yang lebih tinggi, dilakukan penelitian dengan menggunakan kecerdasan buatan. Salah satunya adalah penerapan algoritma *envolving neural network* (ENN) untuk memprediksi curah hujan, dimana pada penelitian tersebut tingkat akurasi yang dihasilkan dibandingkan dengan algoritma *Back Propagation Neural Network* dan prediksi BMKG. Hasilnya penerapan ENN ini memiliki prediksi curah hujan dengan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan *Back Propagation Neural Network* dan prediksi BMKG [3]. Dewi, dkk. dalam penelitiannya untuk memprediksi cuaca pada data *time series* menggunakan metode yang lain yaitu *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* yang digunakan untuk melakukan prediksi dan peramalan model yang kompleks dengan akurasi yang lebih tinggi [4].

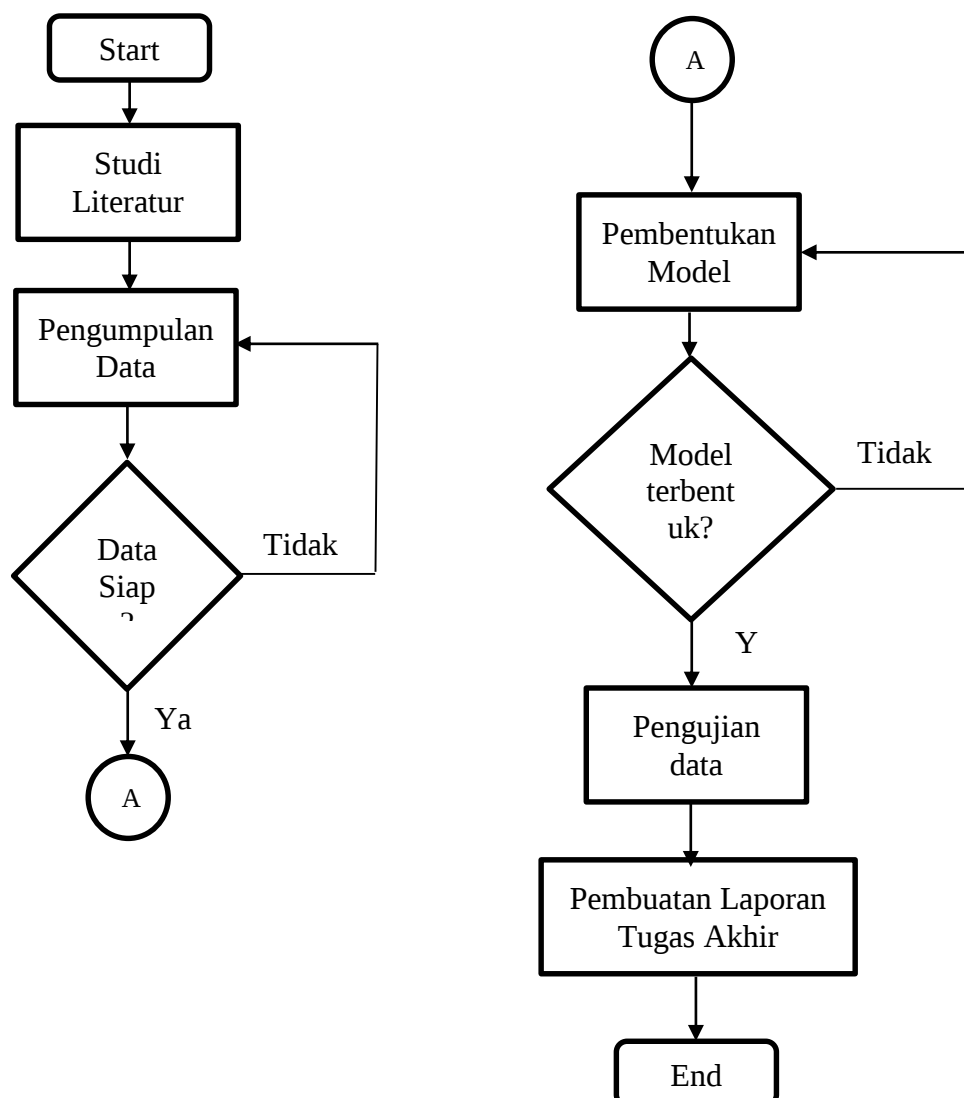
Salah satu lembaga yang sering melakukan peramalan adalah Badan Metrologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Lembaga tersebut sering melakukan peramalan seperti meramalkan kondisi cuaca di suatu daerah [5]. Salah satu bagian dari cuaca adalah sambaran petir. Sambaran petir dapat secara langsung kepada objek/bendanya atau tidak langsung yaitu melalui radiasi, konduksi, atau induksi gelombang elektromagnetik petir. Salah satu dampak sambaran

petir adalah terganggunya sistem kelistrikan pada peralatan bertegangan rendah yang dapat merusak peralatan tersebut[6]. Dampak sambaran petir baik sambaran langsung maupun tidak langsung sangat merugikan. Sambaran langsung dapat menyebabkan kematian atau hancurnya benda yang terkena sambaran. Sedangkan sambaran tidak langsung dapat menyebabkan gangguan khususnya perangkat elektronik seperti televisi dan radio[7].

Umumnya, penelitian yang telah dilakukan adalah peramalan cuaca khususnya curah hujan. Padahal salah satu bagian dari cuaca yang berdampak pada lingkungan adalah petir yang dampaknya yang cukup merusak. Selain itu, dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan, umumnya metode peramalan yang dikembangkan adalah metode yang menggunakan kecerdasan buatan tunggal, seperti jaringan saraf tiruan logika fuzzy. Logika fuzzy biasanya sulit dan membutuhkan waktu lama untuk menentukan aturan dan fungsi keanggotaan yang tepat. Pada jaringan saraf tiruan (JST), tahapan proses sangat panjang dan rumit sehingga tidak efektif pada jaringan yang cukup besar. Logika fuzzy tidak memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi. Sebaliknya, JST memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi namun tidak memiliki kemampuan penalaran seperti yang dimiliki pada logika fuzzy. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, dikembangkan metode yang mengkombinasikan kedua teknik itu yaitu biasa disebut sistem *hybrid*, salah satunya adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* atau ANFIS. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian untuk membuat pemodelan sambaran petir menggunakan metode ANFIS.

2. Metode Penelitian

Secara ringkas, metode penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Diagram alir penelitian

Gambar tersebut memperlihatkan tahapan-tahapan penelitian pada tugas akhir ini, setiap tahapan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Studi literature dilakukan untuk mempelajari dan memahami teori-teori yang mendukung pada penelitian.
- Persiapan data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum diolah oleh model yang dibuat. Data perlu dipersiapkan agar dapat diolah dengan baik oleh model yang dibuat, baik kualitas dan kuantitas data. Data yang akan diolah adalah data intensitas petir di berbagai daerah di Kota Bandung. Dengan beberapa daerah yang diambil datanya diharapkan dapat menambah akurasi peramalan.
- Pembentukan model dilakukan setelah data yang dikumpulkan sudah siap. Dalam pembentukan model dilakukan pelatihan dimana data yang digunakan adalah data dari tahun 2007 sampai 2009. Tahap ini disebut dengan pelatihan data atau *training data*.
- Setelah model dibentuk, dilakukan pengujian data dengan uji korelasi, *mean bias error (MBE)*, jumlah galat harian, dan *root mean square error (RMSE)*.
- Hasil penelitian tugas akhir ini akan dibuat dalam bentuk laporan tugas akhir.

2.1 Pembentukan dan Implementasi Model

Pada penelitian ini digunakan algoritma ANFIS, yaitu kecerdasan buatan campuran antara logika fuzzy dan jaringan syaraf tiruan. Model ANFIS yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman pada MATLAB. ANFIS dilatih dengan algoritma pelatihan dua arah, yaitu arah maju dan arah mundur. Pada arah maju, parameter premis tetap sedangkan parameter konsekuen berubah sesuai kebutuhan. Untuk pelatihan arah mundur parameter premis berubah sedangkan parameter konsekuen tetap. Model yang dibuat memiliki dua masukan yaitu waktu kejadian petir dan jumlah sambaran petir pada waktu tersebut. Masukan-masukan tersebut melewati lima lapisan struktur ANFIS, dengan ketentuan seperti pada table 2.2.

Tabel 2. 1 Lapisan-lapisan pada model ANFIS

Lapisan	Keterangan
1	Pada lapisan ini terjadi fuzzifikasi setiap masukan agar didapat nilai derajat keanggotaan, antara 0 s/d 1.
2	Lapisan kedua terjadi inferensi, dimana aturan-aturan fuzzy dinyatakan dalam bentuk relasi fuzzy yaitu if then.
3	Lapisan menyatakan derajat pengaktifan ternormalisasi.
4	Pada lapisan ini, model memasuki bagian jaringan syaraf tiruan dengan masukannya merupakan keluaran pada lapisan ketiga.
5	Keluaran akhir pada model yang dibuat.

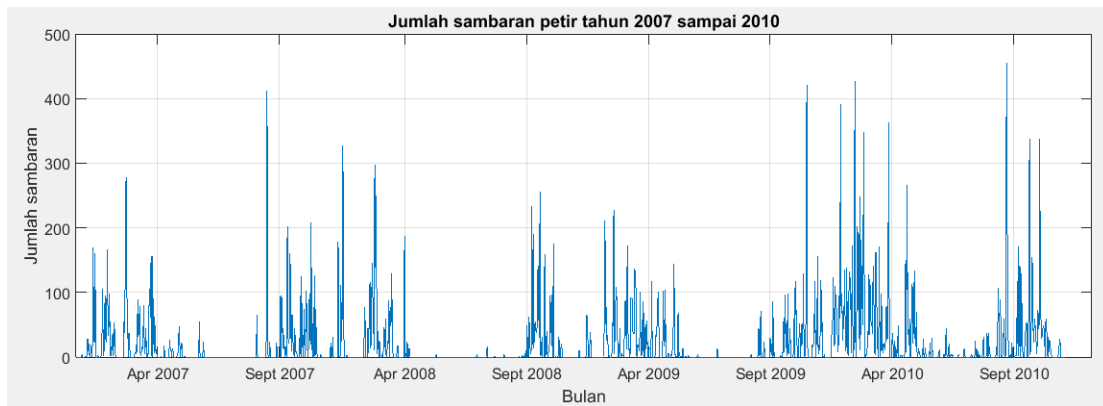
Jika semua data yang dibutuhkan sudah terkumpul dan model sudah terbentuk, maka selanjutnya adalah mengimplementasikan model dengan masukan data-data yang sudah dikumpulkan. Setelah model diimplementasikan, akan keluar hasil peramalan yang dibutuhkan. Jika model yang digunakan tidak sesuai maka dilakukan evaluasi model agar model menjadi lebih baik sehingga dapat diterapkan dengan data yang ada.

3. Pembahasan

Dalam melakukan perkiraan jumlah sambaran petir dibutuhkan data berkala (*time series*). Data sambaran petir disusun berdasarkan urutan waktu dalam beberapa tahun yaitu dari tahun 2007 s/d 2010 (1 Januari 2007 s/d 31 Desember 2010). Data tersebut disajikan dalam bentuk tabel atau grafik agar lebih mudah untuk melihat perkembangan atau perubahan data yang terjadi.

3.1 Pengumpulan Data

Tabel data sambaran petir dapat dilihat pada lampiran 1 atau gambar 3.1. Pada gambar 3.1 dapat dilihat data jumlah sambaran petir per hari dari tahun 2007 s/d 2010.



Gambar 3. 1 Data jumlah sambaran petir 2007 s/d 2007

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa jumlah sambaran petir per harinya bervariasi. Jumlah sambaran yang terjadi dalam satu hari atau beberapa hari tertentu jauh lebih banyak dari hari yang lainnya. Tidak sedikit juga dalam beberapa hari lainnya sambaran petir tidak ada atau nol. Sambaran petir pada umumnya terjadi pada waktu cuaca mendung atau hujan, di mana di Indonesia termasuk di Kota Bandung memiliki dua musim yang berganti setiap beberapa bulan yaitu musim panas dan musim hujan. Ketika musim panas, di Kota Bandung hampir tidak ada sambaran petir yang terjadi sedangkan ketika musim hujan sambaran petir terjadi hampir setiap hari.

Pada gambar 4.1 dapat dilihat pola sambaran petir yang terjadi. Pada pertengahan tahun (April s/d September) hampir tidak ada sambaran petir sedangkan mulai awal tahun (Januari s/d April) dan akhir tahun (September s/d Desember) sambaran petir hampir terjadi setiap hari.

3.2 Preprocessing Model ANFIS

Sebelum dilakukan proses pelatihan pada ANFIS, terlebih dahulu dilakukan *preprocessing* yaitu penskalaan nilai-nilai *output* dan target agar nilai input dan target tersebut masuk ke dalam range tertentu. Untuk mengetahui range tersebut setiap data dimasukkan ke dalam persamaan 3.1.

$$range = [min, max] \quad (3.1)$$

Dimana:

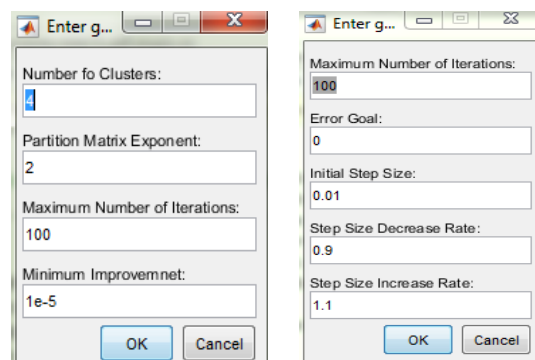
Min = nilai data terkecil

Max = nilai data terbesar

Dengan menggunakan persamaan 4.1, maka didapat $range = [0, 421]$. Range tersebut merupakan batas-batas nilai terkecil hingga terbesar dari *output* dan target dari data pelatihan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk setiap lapisan ANFIS serta perhitungan nilai *root mean square error* (RMSE) dan *error mean*. Untuk melakukan perhitungan tersebut digunakan program atau *function* yang ada pada *software* matlab. *Function* tersebut dapat dipanggil atau digunakan dengan menggunakan *source code* yang ada pada lampiran 2.

3.3 Pelatihan Data

Untuk melakukan peramalan menggunakan model yang telah dibuat, pertama dilakukan proses *clustering* menggunakan metode *Fuzzy C-Means* (FCM). Seperti terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Tampilan parameter awal (kiri adalah parameter awal untuk FCM dan kanan adalah parameter awal untuk pelatihan ANFIS)

Nilai-nilai parameter awal dapat ditentukan dengan bebas tetapi secara *default* parameter awal seperti pada gambar 3.1. akan tetapi untuk menghasilkan akurasi yang lebih baik maka perlu dicoba beberapa kombinasi nilai parameter awal. Pelatihan data menghasilkan dua parameter yaitu parameter premis dan parameter konsekuen karena dalam sistem

inferensi fuzzy model sugeno yang dipakai dalam penelitian ini, terlihat bahwa ada dua parameter dalam model sugeno yaitu parameter premis dan parameter konsekuen. Parameter premis adalah parameter yang menentukan derajat pengaktifan ternormalisasi yang didapatkan melalui perhitungan derajat keanggotaan masing-masing data. Karena dalam penentuan derajat keanggotaan yang dipakai adalah fungsi guass, maka parameter premis yang dicari ada dua yaitu a dan c . Dimana a adalah standar deviasi dan c adalah rata-rata. Nilai a dan c diperbaharui dengan metode propagasi galat. Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan MATLAB didapat parameter premis sebagai berikut.

$$[a_i, c_i] = [28.4489542876514, 112.277280158275]$$

$$[59.0719520220415, 262.709633560481]$$

$$[16.0157323194555, 45.7379844395821]$$

$$[29.2057428649431, 1.46686478541011]$$

Selanjutnya, dalam model inferensi fuzzy model sugeno konsekuen berupa persamaan linier dengan parameter konsekuen tertentu. Dalam penelitian ini parameter konsekuen adalah p_i dan q_i . Parameter konsekuen ini ditentukan dengan menggunakan metode *Least Mean Square* (LSE). Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan MATLAB didapat nilai parameter konsekuen sebagai berikut.

$$[p_i, q_i] = [0.999999998400932, 1.70835560004941e-07]$$

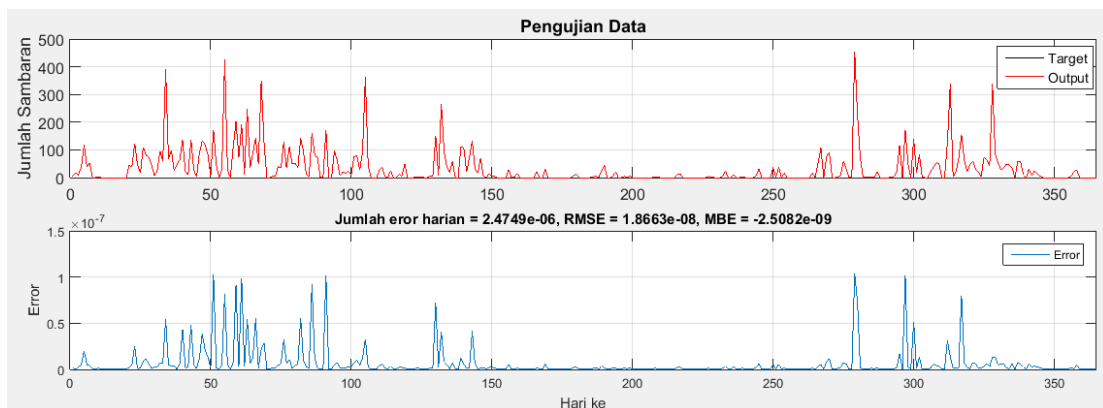
$$[1.00000000118681, -3.79563471255116e-07]$$

$$[0.999999997895731, 1.05953056761789e-07]$$

$$[0.999999998991916, -1.40258774616093e-09]$$

3.4 Pengujian Data

Dalam pengujian data, parameter-parameter yang telah didapat akan dimasukkan dalam perhitungan pada ANFIS. Untuk hasil pengujian data dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Hasil pengujian data

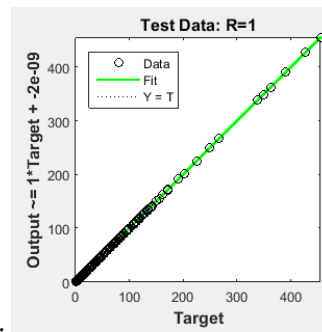
Pada gambar 4.6, dapat dilihat warna hitam adalah data aktual sedangkan warna merah adalah data ramal. Sedangkan yang garis yang berwarna biru merupakan galat tiap harinya.

Jika nilai absolut dari galat tiap harinya dijumlahkan maka didapat jumlah galat harian = 3.63×10^{-6} . Dilihat dari jumlah galat hariannya yang kecil maka perbedaan antara data aktual dengan data ramal kecil juga. Ini menandakan bahwa dalam hasil tes data jika dilihat dari jumlah galat maka data ramal mendekati data actual.

Untuk melihat rata-rata galat tiap harinya maka data ramal dikurangkan data aktual perharinya (bukan nilai absolut) dibagi dengan jumlah data maka didapat -3.94×10^{-9} , ini merupakan nilai MBE yang menggambarkan rata-rata galat hariannya. Nilai MBE menjadi negatif karena jumlah data ramal perharinya lebih kecil dari pada data aktualnya. Nilai MBE yang didapatkan kecil sehingga dapat dikatakan bahwa nilai data ramal mendekati nilai data actual.

Selanjutnya, nilai RMSE yang didapatkan adalah 2.84×10^{-8} . Nilai RMSE didapatkan dengan cara mengkuadratkan galat harian yang bukan nilai absolutnya kemudian masing nilai tersebut dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah data. Nilai RMSE yang kecil artinya tingkat kesalahan dalam peramalan juga kecil atau bisa dikatakan hasil peramalan mendekati nilai sebenarnya.

Sedangkan untuk korelasi Pearson didapat koefisien sebesar 1 seperti pada gambar 4.7. koefisien korelasi 1 berarti hubungan antara target dan output sangat baik.



Korelasi pearson menggambarkan besarnya hubungan antara hasil ramal dengan data aktual yang ada. Koefisien dari korelasi pearson yang didapat adalah +1 sehingga hubungan antara data hasil ramal dengan data aktual memiliki hubungan yang baik, artinya data ramal mengikuti tren data aktual atau bisa dikatakan jika data aktual berubah maka data ramal juga berubah. Nilai positif artinya hubungan antara data ramal dan data aktual memiliki arah positif yaitu jika data aktual meningkat maka data ramal juga meningkat. Sebaliknya jika data aktual menurun maka data ramal juga menurun. Jika yang terjadi adalah sebaliknya maka arah hubungannya negatif.

4. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pemodelan yang dibuat memenuhi persamaan $\sum_i \bar{w}_i (p_i x_1 + q_i)$, dimana $\bar{w}_i$ adalah derajat pengaktifan ternormalisasi sedangkan p_i dan q_i adalah parameter konsekuensi. Untuk x_1 adalah input atau target pada model ANFIS.
2. *Adaptive neuro-fuzzy inference system* atau ANFIS dapat dilakukan untuk melakukan peramalan (*forecasting*) sambaran petir di Kota Bandung dengan menggunakan data *time series* jumlah sambaran petir selama beberapa tahun (2007 sampai 2010) dimana pada tes data didapatkan jumlah galat harian, MBE, dan RMSE yang kecil, yaitu secara berurutan 2.4749×10^{-6} , -2.508×10^{-9} , 1.8663×10^{-8} . Selain itu koefisien person korelasi yang didapat adalah +1 artinya data ramal dan data aktual memiliki hubungan yang kuat serta arah yang positif yaitu peningkatan atau penurunan pada data ramal mengikuti peningkatan atau penurunan data aktual.

Daftar Pustaka

- [1] U. Hani'ah, Implementasi Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Anfis) Untuk Peramalan Pemakaian Air, Semarang: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, 2015.
- [2] A. Safril, T. W. Hadi, S. Hadi and B. Tjasyono, "Prediksi Hujan Bulanan Menggunakan Adaptive Statistical Downscaling," *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, vol. 14, pp. 25-31, 2013.
- [3] S. P. Cipta, "Penerapan Algoritma Evolving Neural Network Untuk Prediksi Curah Hujan," *JTIULM*, vol. 1, pp. 1-8, 2016.
- [4] C. Dewi, D. P. Kartikasari and Y. T. Mursito, "Prediksi Cuaca Pada Data Time Series menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)," *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, vol. 1, pp. 18-24, 2014.
- [5] "BMKG," 2008. [Online]. Available: <http://www.bmkg.go.id/profil?p=sejarah>. [Accessed 31 10 2017].
- [6] I. Arimbawa and I. Arimbawa, "Komparasi Metode ANFIS dan Fuzzy Time Series Kasus Peramalan Jumlah Wisatawan Australia Ke Bali," *E-Jurnal Matematika*, vol. 2, no. 2, pp. 18-26, 2013.
- [7] N. L. L. Pandiangan, W. Wardono and Y. Harry, "Analisis Pemetaan Sambaran Petir Akibat Bangunan Bts Terhadap Lingkungan Dan Sekitarnya Di Kota Medan," *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, vol. 11, no. 2, pp. 86-97, 2010.
- [8] T. D. Mirawati, H. Yasin and A. Rugiyono, "Prediksi Curah Hujan Di Kota Semarang Dengan Metode Klamen Hilter," in *Seminar Nasional Statistika*, Semarang, 2013.
- [9] R. Chevin, J. Nou, S. Thil and S. Griaui, "Intra-Day DNI Forecasting Under Clear Sky," in *IFAC World Congress*, Cape Town, 2014.
- [10] Wikipedia, "Wikipedia," 17 April 2019. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Root-mean-square_deviation. [Accessed 19 July 2019].
- [11] M. Andrijasa and M. , "Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Jumlah Pengangguran di Provinsi Kalimantan Timur Dengan Menggunakan Algoritma Pembelajaran Backpropagation," *Jurnal Informatika Mulawarman*, vol. 5, p. 50, 2010.
- [12] S. Wibowo, "Penerapan Logika Fuzzy Dalam Penjadwalan Kuliah," *Informatika UPGRIS*, vol. 1, p. 62, 2015.
- [13] P. Gultom, "Model Fungsi Keanggotaan Fuzzy Multi Criteria Decision Making Pada Program Sertifikasi Guru," *Ilmiah Research Sains*, vol. 1, pp. 142-143, 2015.

- [14] S. Defit, "Perkiraan Beban Listrik Jangka Pendek Dengan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System," *Jurnal Ilmiah Saintikom (Sains Dan Komputer)*, vol. 12, pp. 166-167, 2013.
- [15] B. T. Kuncahyo, R. H. Ginardi and I. Ariesianti, "Penerapan Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Untuk Memprediksi Nilai Post Test Pada Jurusan Teknik Informatika FTIF ITS," in *Makalah Seminar Tugas Akhir*, Surabaya, 2012.
- [16] "Researchgate," 2012.[Online].Available:https://www.researchgate.net/publication/326092561_PERBANDINGAN_METODE_FUZZY_CMEANS_FCM_DAN_FUZZY_CSHELL_FCS_MENGGUNAKAN_DATA_CITRA_SATELIT_QUICKBIRD. [Accessed 31 10 2017].