

Adaptive neuro fuzzy inference system untuk peramalan jumlah wisatawan (Adaptive neuro fuzzy inference system for forecasting the number of tourists)

Budi Handarbeni S. Atma^{1*}, Sugiyarto²

¹²Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan

Universitas Ahmad Dahlan

E-mail : budi.handarbeni@gmail.com

* Corresponding Author

ARTICLE INFO

Kata kunci

ANFIS

FCM

Peramalan

Wisatawan

Keywords

ANFIS

FCM

Forecasting

Tourist number

ABSTRACT

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) yaitu metode yang menggabungkan metode-metode yang ada pada softcomputing. *Softcomputing* yaitu pemodelan dengan pendekatan seperti nalar dari manusia dan belajar sesuai kondisi yang tidak pasti yang fleksibel atau berubah-ubah. *Fuzzy Inference System (FIS)* dan Jaringan syaraf merupakan komponen softcomputing dan pembentukan ANFIS. Penggunaan ANFIS terdapat metode pembelajaran secara maju dan mundur atau yang disebut hybrid. Pembelajaran secara maju digunakan metode *Least Square Estimator (LSE)* dan pembelajaran mundur digunakan *Gradient descent*. Pada penelitian ini juga menggunakan FCM difungsikan untuk membangun aturan akan digunakan pada ANFIS. Tujuan dari peramalan jumlah wisatawan adalah untuk mengimplementasikan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* dalam memprediksi jumlah wisatawan dan mengetahui hasil prediksi/ramalan jumlah wisatawan. Hasil peramalan jumlah wisatawan dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* pada tahap latih didapatkan epoch 11 dan laju pembelajaran 0.02 mendapatkan nilai RMSE 909.2 sedangkan tahap uji epoch dan laju pembelajaran memberikan keakurasian bagus yang dapat dilihat dari *Root Mean Square Error (RMSE)* 123.3029.

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) is a method that combine the existing methods on soft computing. *Soft computing* is a modeling process with approach on human logic and self-learning through uncertain and flexible condition. *Fuzzy Inference System* and neural network are included as a components on soft computing and ANFIS process. One of the system to apply on ANFIS is forward and backward learning which usually introduced as hybrid process. Forward learning uses *Least Square Method (LSE)* and Backward learning uses *Gradient descent* method. This research also uses FCM to build parameters for ANFIS processing. The main objective of this research is to implement *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* for forecasting the number of tourist with certain parameters. The output of ANFIS processing to forecast the number of tourist with epoch 11 and learning velocity 0.02 is RMSE 909.2. Furthermore epoch test and learning velocity provides good accuracy which can be analyze from the achieved *Root Mean Square Error (RMSE)* which valued 123.3029.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



PENDAHULUAN

Prediksi atau peramalan adalah masalah penting yang mencakup banyak bidang pemerintah, ekonomi, ilmu lingkungan, kedokteran, ilmu sosial, politik, dan keuangan. Masalah peramalan sering diklasifikasikan sebagai jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Masalah peramalan jangka pendek dan menengah melibatkan peristiwa prediksi hanya beberapa periode waktu (hari, minggu, dan bulan) dimasa depan. Prakiraan jangka pendek dan menengah diperlukan untuk kegiatan yang berkisar dari manajemen operasi hingga penganggaran dan pemilihan proyek penelitian dan pengembangan baru sedangkan perkiraan jangka panjang berdampak pada masalah seperti perencanaan strategis. Peramalan biasanya didasarkan pada identifikasi, pemodelan, dan ekstrapolasi pola yang ditemukan dalam data historis. Data historis adalah urutan pengamatan berorientasi waktu atau kronologis pada variabel yang diminati. Data historis biasanya menunjukkan inersia dan tidak berubah secara dramatis dengan sangat cepat.

Peramalan terdiri dari peramalan konvensional dan peramalan *softcomputing* [1][2]. Peramalan konvensional atau sering disebut metode statistik sedangkan peramalan *softcomputing* yaitu peramalan yang sangat fleksibel, di maksud dari fleksibel yaitu metode yang dapat berubah sesuai dengan kondisi yang digunakan. Kedua jenis peramalan biasanya di gunakan untuk peramalan jangka pendek dan menengah maupun jangka panjang[3]. Pada peramalan konvensional banyak digunakan dikarenakan kemudahan dalam penggunaannya tetapi pemodelan ini juga memerlukan asumsi-asumsi yang cukup ketat, seperti stasioner dan normalitas, homogenitas dan uji statistik yang lain[4][5]. Penggunaan peramalan konvensional jika terjadi pembaruan data atau penambahan variabel maka penggunaan model terbaik tidak bias digunakan kembali dalam peramalan. Penelitian sebelumnya memberikan informasi peramalan metode konvensional yang belum begitu akurat sehingga dibutuhkan peramalan dengan *softcomputing* dalam memprediksi jumlah wisatawan.

Softcomputing sendiri merupakan pemodelan dengan pendekatan seperti nalar dari manusia dan belajar sesuai kondisi yang tidak pasti yang fleksibel atau berubah-ubah sehingga jika terjadi perubahan perubahan data seperti penambahan atau pengurangan maka model terbaik yang digunakan masih bisa digunakan kembali. Komponen utama *softcomputing* yaitu fuzzy, jaringan syaraf, algoritma evolusioner dan penalaran dengan probabilitas [6]. Setiap komponen-komponen tersebut memiliki kelemahan contohnya pada fuzzy memiliki kelemahan dalam lamanya penentuan fungsi keanggotaan pada setiap pernyataan linguistik oleh sebab itu dibutuhkan penggabungan dua komponen dalam meminimalis dari kelemahan tersebut, penggabungan dua komponen ini sering disebut sistem hybrid contohnya ANFIS[7].

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System(ANFIS) merupakan gabungan dari dua komponen antara sistem fuzzy dan jaringan syaraf [8]. Kedua metode digabungkan karena pada inferensi fuzzy memiliki kelebihan dalam menterjemahkan pengetahuan dari para pakar secara langsung dengan menggunakan aturan-aturan[6]. Biasanya dibutuhkan waktu cukup lama untuk fungsi keanggotaan, oleh karena itu membutuhkan teknik-teknik pembelajaran yang ada pada jaringan syaraf untuk mengurangi waktu dan biaya. ANFIS memiliki kelebihan yaitu pembelajaran dilakukan tidak terikat atau berubah-ubah, proses komputasi dilakukan secara intensif, memiliki toleransi terhadap kegagalan, dan dapat digunakan untuk aplikasi-aplikasi pada dunia nyata [6][9][10].

Fuzzy C-Means

Fuzzy clustering adalah salah satu teknik untuk menentukan cluster optimal dalam suatu ruang vektor yang di dasarkan pada bentuk normal Euclidean untuk jarak antar vektor [8]. Salah satu pengelompokan dengan menggunakan *fuzzy* yaitu *fuzzy clustering Mean* (FCM). FCM adalah suatu teknik pengelompokan atau cluster data yang mana keberadaan tiap-tiap titik data dalam cluster ditentukan oleh derajat keanggotaan. Metode ini salah satu pembelajaran yang terawas yang nilai keluaran sudah diketahui sebelumnya. FCM merupakan generalisasi dari hard c-partisi ke partisi fuzzy mengikuti secara langsung dengan membangkitkan derajat keanggotaan dalam interval unit.

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

ANFIS (*Adaptive Neuro-fuzzy Inference Sistem*) adalah penggabungan mekanisme fuzzy inference system yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf Metode ANFIS kebanyakan

menggunakan sistem inferensi fuzzy model Takagi-Sugeno- Kang(TSK) dengan orde satu yang mempermudah serta kesederhanaa dalam komputasi.

Jaringan ANFIS terdiri dari lapisan-lapisan sebagai berikut[11]:

1. Tiap-tiap neuro yang dimisalkan dengan A dan B pada lapisan pertama yang diawali dengan pencarian derajat keanggotaan berdasarkan penggunaan fungsi keanggotaan, misalkan penggunaan fungsi anggota generallized bell. Fungsi keanggotaan generallized bell yang terdapat rata-rata dan standar deviasi misalkan a dan c, yang mana merupakan suatu nilai parameter-parameter pada fungsi keanggotaan akan mengalami perubahan sesuai kondisi. Pada lapisan ini biasanya disebut premis parameter.
2. Tiap-tiap neuro pada lapisan kedua dilambangkan dengan $\Pi(_)$ berupa jaringan tetap yang keluaranya adalah fireing strength berdasarkan penggunaan operator(and) dari tiap jaringan sebelumnya

$$O_i^2 = w_i = \mu_{A_i}(x) \mu_{B_i}(x); i=1,2$$

3. Tiap-tiap neuro pada lapisan ke tiga berupa node tetap yang merupakan hasil perhitungan rasio dari α predikat \bar{w} dari aturan ke-i terhadap jumlah dari keseluruhan α predikat sering disebut normalised firing strength (\bar{w}), sebagai berikut

$$O_i^3 = \bar{w}_i = \frac{\bar{w}}{w_1 + w_2}; i = 1,2;$$

4. Tiap-tiap neuro pada lapisan ke empat merupakan node adaptif terhadap suatu output

$$O_i^4 = \bar{w}_i y_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i x + r_i); i = 1,2$$

dengan n banyaknya input. Pada lapisan ini parameter konsekuen yang akan berubah-ubah.

5. Neuro pada lapisan ke lima dilambangkan dengan (Σ) dikarenakan pada node ini merupakan jumlahan dari semua keluaran lapisan 4

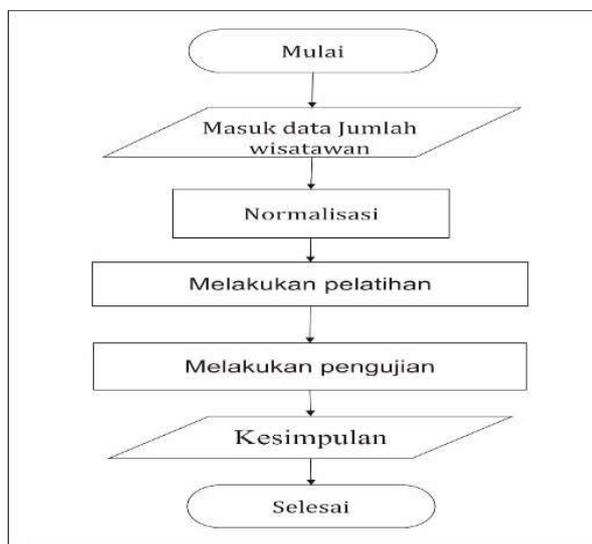
$$O_i^5 = \sum_i \bar{w}_i y_i; i = 1,2.$$

METODE

Data dan Variabel Penelitian

Objek yang digunakan dalam penelitian yaitu data sekunder, yaitu data Jumlah Wisatawan Mancanegara yang di dapatkan dari [https:// visitingjogja.com/ download/ statistik-pariwisata/](https://visitingjogja.com/download/statistik-pariwisata/) yang diakses pada tanggal 7 Februari 2019. Untuk data yang digunakan pada kasus ini dari bulanan Januari 2008 - Desember 2017 dan penambahan data prediksi jumlah wisatawan 2018 yang diambil dari penelitian Popi Novrianti dikarenakan penggunaan ANFIS dibutuhkan target untuk meramalkan jumlah wisatawan 2018. Data didapatkan dari website <http://digilib.uad.ac.id/penelitian/ Penelitian> diakses pada tanggal 7 Februari 2019.

Analisis Penelitian

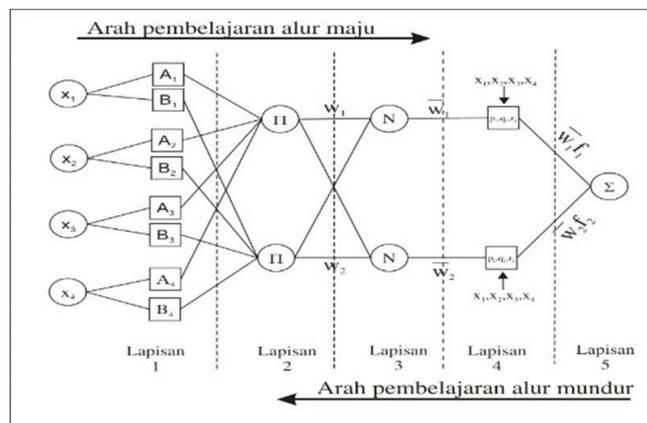


Gambar 1: Flow Chart Penelitian

Peramalan jumlah wisatawan DIY adalah metode ANFIS dengan model sugeno orde 1 dan di implementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab, berikut penjelasan dari gambar diatas

1. Data jumlah wisatawan DIY yang digunakan berupa data bulanan dari Januari 2008-Desember 2017. Data selanjutnya akan dibagi menjadi data latih dan data uji sebesar 50% dari data keseluruhan dan sisanya untuk digunakan data uji. Jika pembagian data di atas 50% maka proses LSE tidak dapat dilakukan karena matriks harus simetris. Pembagian data difungsikan untuk melihat pengaruhnya laju pembelajaran terhadap epoch.
2. Data yang telah dibagi akan dilakukan normalisasi. Normalisasi digunakan untuk merubah data dalam range antara [0,1] agar tidak mempersulit dalam perhitungan[12]. Normalisasi yang digunakan min-max dengan range [0,1].
3. Pelatihan, Penggunaan pelatihan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi dalam jaringan ANFIS seperti laju pembelajaran, banyaknya jumlah aturan, dan lain-lain. Tahap pelatihan pertama masukan data latih yang sudah dinormalisasikan, epoch dan laju pembelajaran. Kemudian membangkitkan fuzzy inference system dengan bantuan fuzzy c-means. Keluaran fuzzy c-means berupa pengelompokan tiap data yang mana nanti akan dihitung rata-rata dan standar deviasi dari tiap kelompok. Pencarian rata-rata dan standar deviasi di karenakan fungsi keanggotaan digunakan yaitu fungsi pendekatan Generalized Bell terdapat parameter rata-rata dan standar deviasi. Setelah itu melakukan prediksi menggunakan ANFIS dari lapisan 1 sampai lapisan 5. Keluaran lapisan 5 di lakukan ternormalisasi lagi dan dibandingkan dengan nilai aktual atau target. Dari beberapa faktor ANFIS akan dipilih terbaik dengan melihat RMSE terkecil.
4. Pengujian, Tahap hampir sama dengan tahap pelatihan tetapi membedakanya data yang digunakan. Laju pembelajaran dan epoch tidak dilatih lagi melainkan udah didapatkan pada tahap sebelumnya. Langkah-langkah memprediksi sama seperti tahap latih yaitu akan ada pembelajaran dengan menggunakan RLSE dan jika epoch lebih kecil dari epoch diinginkan maka akan dilanjutkan dengan pembelajaran secara mundur dengan Gradien descent.
5. Penarikan kesimpulan terhadap hasil pengujian dan pelatihan.

Analisis Data



Gambar 2 : Aristruktur ANFIS dalam penelitian Jumlah Wisata

Penelitian ini menggunakan aritektural gambar diatas yang mana memiliki 4 input, 8 hidden, 2 hidden, 2 hidden dan 1 output. Pada nilai input dan output variabel untuk training dan testing yaitu $(x_1), (x_2), (x_3), (x_4)$ dan (y) . Penentuan jumlah aturan yang digunakan berdasarkan penentuan jumlah cluster yang dibentuk sehingga aturan yang terbentuk 2 aturan sebagai berikut:

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Pelatihan

Tabel 1 memberikan informasi pengaruhnya laju pembelajaran pada epoch yang mana RMSE terkecil pada 0.09 sebesar 905.7632.

Tabel 1 :Pengaruh laju pembelajaran terhadap epoh

| η | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|-------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| RMS | 909.478 | 909.240 | 909.256 | 909.54 | 909.531 | 907.566 | 909.038 | 907.283 | 905.763 |
| E | 8 | 6 | 4 | 5 | 5 | 3 | 9 | 5 | 2 |
| Epoh | 23 | 11 | 7 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |

Dapat di jelaskan juga bahwa penggunaan laju pembelajaran semakin besar maka semakin cepat konvergen sehingga nilai epoh dibutuhkan tidak begitu besar dan sebaliknya dengan menggunakan laju pembelajaran kecil maka nilai epoh yang dibutuhkan semakin besar untuk mencapai nilai RMSE terkecil, tetapi konvergen yang terlalu cepat dapat mengakibatkan bobot yang diperoleh bukan merupakan nilai global optimumnya sehingga hasil prakiraan cenderung menjadi tidak akurat. Sehingga pada tahap pelatihan mengambil nilai laju pembelajaran 0.02 dan epoh 11 yang nilai RMSE 909.2406 sebagai berikut:

Tabel 2 :Jumlah Wisatawan Mancanegara di DIY tahun 2013

| Bulan | Aktual | Peramalan |
|--------------|---------------|------------------|
| Januari | 14572 | 13537.54 |
| Februari | 13018 | 13384.92 |
| Maret | 13172 | 14725.82 |
| April | 15436 | 17103.34 |
| Mei | 19424 | 18022.45 |
| Juni | 17793 | 17202.95 |
| Juli | 25993 | 25960.83 |
| Agustus | 17152 | 17181.17 |
| September | 19465 | 19329.51 |
| Oktober | 16842 | 16887.26 |
| November | 12417 | 11482.3 |
| Desember | 12467 | 12932.896 |

Tahap Pengujian

Pada tahap latih telah didapatkan informasi bahwa laju pembelajaran semakin besar maka semakin cepat konvergen sehingga nilai epoh dibutuhkan semakin kecil dan sebaliknya. Untuk memprediksi jumlah wisatawan tahun 2017 dengan menggunakan laju pembelajaran digunakan 0.02 dan epoh 11 sehingga didapatkan prediksi jumlah wisatawan Mancanegara di DIY tahun 2017 yang sudah di ternormalisasikan pada tabel berikut :

Tabel 3 : Jumlah Wisatawan Mancanegara di DIY tahun 2017

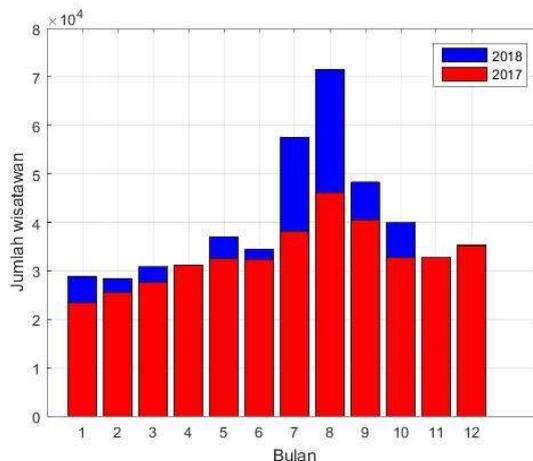
| Bulan | Aktual | Peramalan |
|--------------|---------------|------------------|
| Januari | 23369 | 23368 |
| Februari | 25482 | 25481 |
| Maret | 27591 | 27595 |
| April | 31206 | 31205 |
| Mei | 32493 | 32770 |
| Juni | 32394 | 32123 |
| Juli | 38154 | 38304 |
| Agustus | 46155 | 46083 |
| September | 40517 | 40527 |
| Oktober | 32708 | 32669 |
| November | 32712 | 32712 |
| Desember | 35170 | 35115 |

Selanjutnya memprediksi jumlah wisatawan Mancanegara untuk 2018 dengan menggunakan laju pembelajaran 0.02 dan epoch 11 sehingga didapatkan peramalan jumlah wisatawan Mancanegara di DIY tahun 2018 sebagai berikut :

Tabel 4: Jumlah Wisatawan Mancanegara di DIY tahun 2018

| Bulan | ANFIS | SARIMA |
|-----------|-------|--------|
| Januari | 23369 | 23368 |
| Februari | 25482 | 25481 |
| Maret | 27591 | 27595 |
| April | 31206 | 31205 |
| Mei | 32493 | 32770 |
| Juni | 32394 | 32123 |
| Juli | 38154 | 38304 |
| Agustus | 46155 | 46083 |
| September | 40517 | 40527 |
| Oktober | 32708 | 32669 |
| November | 32712 | 32712 |
| Desember | 35170 | 35115 |

Informasi yang didapatkan pada tabel 4 bahwa kedua metode tidak begitu jauh dalam memprediksikan jumlah wisatawan.



Gambar 3: Perkembangan Jumlah wisatawan Mancanegara di DIY

Jumlah wisatawan pada tahun 2018 diprediksikan naik terutama pada bulan juli dan agustus dapat dilihat pada gambar 4. Jumlah wisatawan Mancanegara di DIY pada bulan Juli dan Agustus mengalami kenaikan sangat besar yaitu dua puluh sampai tiga puluh ribu wisatawan. Sedangkan pada akhir tahun mengalami kestabilan jumlah wisatawan. Kenaikan jumlah wisatawan diakibatkan faktor luar seperti libur musim panas, event-event tiap bulan dan faktor lainnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa peramalan jumlah wisatawan dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*(ANFIS) pada tahap latih didapatkan epoch 11 dan laju pembelajaran 0.02 mendapatkan nilai RMSE 909.2 sedangkan tahap uji menggunakan epoch dan laju pembelajaran yang sama tetapi dengan data yang berbeda memberikan keakurasian bagus yang dapat dilihat dari RMSE 123.3029. Peramalan jumlah wisatawan dengan menggunakan ANFIS cukup bagus dengan menghasilkan nilai RMSE 123.3029 dan prediksi jumlah wisatawan untuk tahun 2018 mengalami kenaikan jumlah wisatawan terutama pada bulan Juli dan Agustus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Muslim, "Peramalan harga paritas kedelai model ANFIS," *Widyariset*, vol. 17, no. 1, pp. 13–24, 2014.
- [2] I. Andalita, "Peramalan jumlah penumpang kereta api kelas ekonomi Kertajaya menggunakan ARIMA dan ANFIS." Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [3] U. Hani'ah, "Implementasi Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Anfis) untuk Peramalan Pemakaian Air di Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Moedal Semarang." UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG, 2015.
- [4] A. M. Abadi and D. U. Wutsqa, "Optimalisasi model neuro fuzzy untuk data time series dengan metode dekomposisi nilai singular," *J. Penelit. Saintek*, vol. 18, no. 1, pp. 44–55, 2013.
- [5] J.-S. Jang, "ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system," *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol. 23, no. 3, pp. 665–685, 1993.
- [6] S. Kusumadewi and S. Hartati, "Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf," *Yogyakarta Graha Ilmu*, 2006.
- [7] S. Kusumadewi and H. Purnomo, "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan, vol. II," *Yogyakarta Graha Ilmu*, 2013.
- [8] D. L. Rahakbauw, M. I. Tanassy, and B. P. Tomasouw, "Sistem Prediksi Tingkat Pengangguran Di Provinsi Maluku Menggunakan Anfis (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System)," *BAREKENG J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 12, no. 2, pp. 99–106, 2018.
- [9] T. J. Ross, *Fuzzy logic with engineering applications*, vol. 2. Wiley Online Library, 2004.
- [10] H.-J. Zimmermann, *Fuzzy set theory—and its applications*. Springer Science & Business Media, 2011.
- [11] L. Ghorbanzadeh and A. E. Torshabi, "An Investigation into the Performance of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Brain Tumor Delineation Using ExpectationMaximization Cluster Method; a Feasibility Study," *Front. Biomed. Technol.*, vol. 3, no. 1–2, pp. 8–19, 2016.
- [12] E. Evanita, E. Noersasongko, and R. A. Premunendar, "PREDIKSI VOLUME LALU LINTAS ANGKUTAN LEBARAN PADA WILAYAH JAWA TENGAH DENGAN METODE K-MEANS CLUSTERING UNTUK ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 199–208, 2016.