

Optimalisasi Jarak Pembacaan Tag RFID Menggunakan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

Muhammad Yusril Helmi Setyawan^{*1}, Ayu Anggara

¹ D4 Teknik Informatika, Universitas Logistik & Bisnis Internasional, Bandung, Indonesia
e-mail: *1yusrilhelmi@ulbi.ac.id, 2ayuanggaraspentwo@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jarak optimal pembacaan *Radio Frequency Identification* (RFID) dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). Metode ini diterapkan untuk menganalisis berbagai kondisi lingkungan yang mempengaruhi performa pembacaan RFID, termasuk kondisi basah, kering, posisi tag membelakangi *reader*, dan interval waktu pembacaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak optimal pembacaan adalah 4 cm pada kondisi basah, 4,5 cm pada kondisi kering, dan 0,5 cm ketika tag membelakangi *reader*, dengan interval waktu minimal 3 detik. Penentuan jarak baca optimal ini diharapkan dapat membantu administrator dalam merancang aturan penggunaan yang efektif untuk memaksimalkan kinerja sistem RFID serta meminimalkan potensi penyalahgunaan.

Kata Kunci: RFID, Jarak Optimal, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, ANFIS

Abstract

This study aims to determine the optimal reading distance of Radio Frequency Identification (RFID) using the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) method. This method is applied to analyze various environmental conditions affecting RFID reading performance, including wet and dry conditions, the position of the tag behind the reader, and the reading interval. The results indicate that the optimal reading distance is 4 cm in wet conditions, 4.5 cm in dry conditions, and 0.5 cm when the tag is behind the reader, with a minimum interval time of 3 seconds. Determining the optimal reading distance is expected to assist administrators in designing effective usage rules to maximize the performance of the RFID system and minimize potential misuse.

Keywords: RFID, Optimal Distance, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, ANFIS

1. PENDAHULUAN

Radio Frequency Identification (RFID) mengidentifikasi secara nirkabel secara otomatis dengan menggunakan kartu aktif dan pasif serta RFID *reader*. Prinsip dasar RFID melibatkan dua komponen utama, yaitu tag RFID yang menyimpan informasi dan RFID *reader* yang membaca informasi tersebut. Jarak antara RFID *reader* dan tag RFID menjadi faktor penting yang mempengaruhi kinerja sistem RFID secara keseluruhan, termasuk kecepatan transmisi data (Hervert-Escobar et al.; Liu et al.).

Banyak faktor yang mempengaruhi jarak pembacaan RFID, seperti ukuran dan desain pemancar serta penerima, frekuensi yang digunakan, dan kondisi lingkungan. Faktor lingkungan seperti kelembaban, hujan, dan

kepadatan produk juga dapat mempengaruhi kinerja pembacaan RFID (Zarifi et al). Oleh karena itu, penting untuk menentukan jarak optimal pembacaan RFID agar sistem dapat berfungsi dengan efisien dan andal (Xiong et al.).

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). Metode ANFIS menggabungkan keunggulan jaringan saraf tiruan dan logika fuzzy, memungkinkan penanganan masalah kompleks dan non-linear. Dengan menerapkan ANFIS, penelitian ini bertujuan untuk menentukan jarak pembacaan RFID yang optimal dalam kondisi basah, kering, dan ketika tag berada di belakang pembaca, serta menentukan interval waktu pembacaan yang tepat. Pendekatan ini

diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan kinerja dan keandalan sistem RFID.

2. LANDASAN TEORI

Teknologi Radio Frequency Identification (RFID) telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir, dengan berbagai aplikasi mulai dari logistik dan manajemen inventaris hingga keamanan dan pelacakan aset. Salah satu tantangan utama dalam penerapan RFID adalah menentukan jarak pembacaan yang optimal antara tag dan pembaca RFID, yang secara signifikan mempengaruhi kinerja sistem (Hervert-Escobar et al.; Liu et al.).

Dalam konteks ini, metode ANFIS muncul sebagai solusi potensial untuk mengoptimalkan jarak pembacaan RFID. ANFIS menggabungkan kemampuan pembelajaran dari jaringan saraf tiruan dengan fleksibilitas logika fuzzy, memungkinkan penyesuaian parameter secara dinamis untuk mencapai kinerja optimal (Gharghan et al.). Metode ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengenalan pola, diagnosis medis, dan sistem kontrol, menunjukkan potensi yang besar dalam menangani masalah kompleks dan non-linear (Yaïci et al).

Penelitian terbaru telah menunjukkan bahwa ANFIS dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi sistem RFID dalam berbagai kondisi lingkungan, seperti kelembaban, keberadaan penghalang, dan interferensi elektromagnetik (Mobin et al; Xiong et al.).

3. METODE PENELITIAN

ANFIS menggunakan jaringan saraf adaptif hibrida (Smith dan Jones) yang setara dengan sistem tipe Takagi-Sugeno. Metode ini memungkinkan penyesuaian selama proses pembelajaran, membedakannya dari sistem fuzzy biasa.

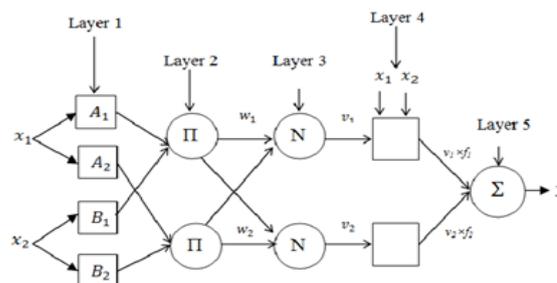
Dengan menerapkan metode optimasi, fungsi keanggotaan dan parameter-parameter terkait dapat disesuaikan sesuai kebutuhan (Yaïci dan Entchev). ANFIS memungkinkan penerapan topologi jaringan saraf bersama dengan logika fuzzy, menggabungkan keunggulan dari kedua metode tersebut, sehingga mampu menangani

masalah kompleks dan non-linear (Gharghan et al.).

ANFIS menggunakan jaringan *feed-forward* berlapis adaptif yang secara fungsional setara dengan sistem inferensi fuzzy. Sistem ini mengimplementasikan sistem inferensi fuzzy Takagi-Sugeno dengan lima lapisan (layer) arsitektur. Melalui analisis hubungan pemetaan antara data input dan output, ANFIS dapat menentukan distribusi optimal fungsi keanggotaan menggunakan algoritma *backpropagation* atau kombinasi dengan metode kuadrat terkecil (Mobin et al).

Untuk memastikan hasil yang komprehensif, penelitian ini tidak terbatas pada penggunaan alat tertentu saja. Berbagai kondisi lingkungan, seperti basah, kering, dan posisi tag membelakangi *reader*, serta interval waktu pembacaan RFID, dianalisis untuk menentukan jarak optimal pembacaan RFID. Hal ini memastikan bahwa hasil penelitian relevan untuk berbagai aplikasi dan tidak terbatas pada alat atau kondisi spesifik.

Arsitektur ANFIS berdasarkan Takagi-Sugeno dapat dilihat pada Gambar 1 berikut



Gambar 1. Arsitektur ANFIS Takagi – Sugeno

Layer 1: Setiap *node* merupakan *node* adaptif dengan fungsi *node*.

$$O_{1,i} = \begin{cases} \mu_{A_i}(x_1); i = 1,2 \\ \mu_{B_{i-2}}(x_2); i = 3,4 \end{cases} \quad (1)$$

Dengan $O_{1,i}$, i adalah adalah output ke- i di lapisan pertama. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah *generalized bell*.

$$\mu_i(x_n) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_n - c_i}{a_i} \right|^{2b_i}} \quad (2)$$

Untuk $n = 1, 2$ dan $i = 1, \dots, 4$, dengan $\{a_i, b_i, c_i\}$ adalah kumpulan parameter premis.

Layer 2: Setiap node adalah *node* tetap yang outputnya adalah produk dari semua sinyal masuk dan mewakili kekuatan aturan tembakan.

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_j}(x_1) \cdot \mu_{B_k}(x_2) \quad (3)$$

Untuk $j = k = 1, 2$ dan $i = 1, \dots, 4$.

Layer 3: Setiap *node* adalah *node* tetap. *Node* ke- i menghitung rasio kekuatan aturan penembakan terhadap jumlah semua aturan.

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum w} = \frac{w_i}{w_1 + \dots + w_4} \quad (4)$$

Untuk $i = 1, \dots, 4$.

Layer 4: Setiap *node* adalah *node* adaptif dengan fungsi *node*.

$$O_{4,i} = \bar{w}_i \cdot f_i = \bar{w}_i(p_i x_1 + q_i x_2 + r_i) \quad (5)$$

Untuk $i = 1, \dots, 4$, dengan $\{p_i, q_i, r_i\}$ adalah kumpulan parameter berikutnya.

Layer 5: Satu *node* dalam lapisan ini adalah *node* tetap, yang menghitung output keseluruhan sebagai jumlah dari semua sinyal masuk.

$$O_5 = \sum \bar{w}_i \cdot f_i = y \quad (6)$$

Dalam struktur ANFIS, *node* adaptif ditemukan di lapisan pertama dan keempat. *Node* pada lapisan pertama berisi parameter premis non-linear sementara *node* pada lapisan keempat berisi parameter linear yang konsisten (Geman et al). Agar ANFIS berfungsi sebagaimana yang diharapkan, perlu untuk mengetahui nilai-

nilai parameter tersebut yang tepat melalui proses pembelajaran.

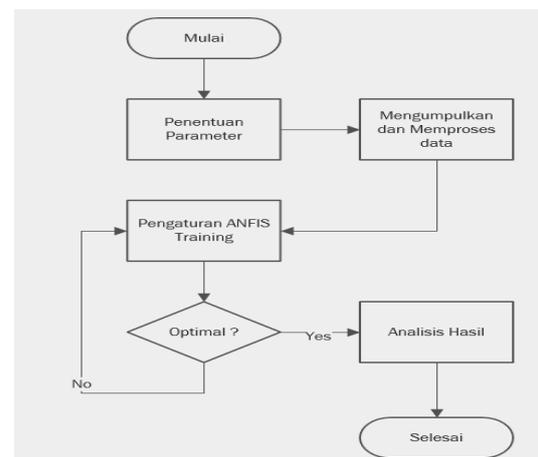
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi hasil penelitian atau eksperimen serta analisis terhadap hasil tersebut. Eksperimen dilakukan untuk menentukan fungsi dan kinerja keseluruhan sistem. Simulasi program dilakukan dalam lingkungan sistem yang sesuai untuk menguji keefektifan dan keandalan sistem. Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk menilai apakah sistem berfungsi sesuai dengan perencanaan dan untuk memastikan bahwa parameter-parameter yang digunakan dalam model telah dioptimalkan dengan tepat melalui proses pembelajaran.

Eksperimen ini juga mencakup proses pembelajaran untuk mengoptimalkan parameter non-linear dan linear yang ada dalam *node* adaptif pada lapisan pertama dan keempat, yang sangat penting untuk memastikan keandalan dan akurasi sistem secara keseluruhan.

4.1. Tahap Pengujian

Kerangka simulasi dan percobaan mengacu pada *flowchart* berikut:



Gambar 2. Alur Percobaan

Sebelum melakukan penelitian, langkah pertama adalah menentukan parameter penelitian yang terkait, kemudian melakukan pengumpulan data dan pemrosesan. Tahap berikutnya adalah pembuatan program *neuro-fuzzy* dengan metode ANFIS. Setelah program selesai, kemudian dilakukan pengujian. Jika

telah mendapatkan hasil yang optimal (error dan epoch optimal), maka dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu penarikan kesimpulan.

Tabel 1. Daftar Variabel

Fungsi	Nama Variabel
Input	Kondisi Basah
	Kondisi Kering
	Tag Membelakangi
	Interval WaktuReader
Output	Jarak Optimal RFID

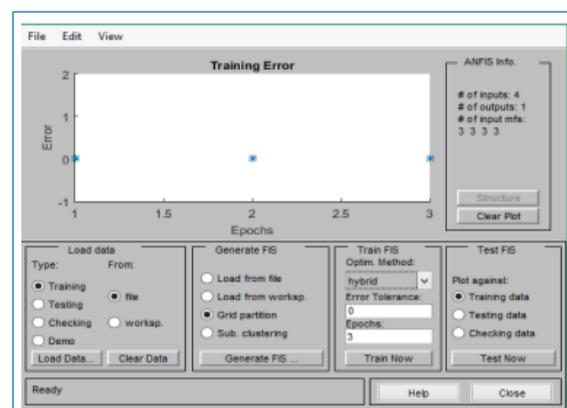
Tabel 2. Ilustrasi Input dan Output

No	Percobaan	Kondisi Basah	Kondisi Kering	Tag membelakangi	Interval Waktu	Target Output
1	Percobaan 1	4 cm	5 cm	1.8 cm	2.5 Detik	1
2	Percobaan 2	3.8 cm	4.4 cm	4 cm	0.5 Detik	1
3	Percobaan 3	5 cm	7 cm	1.5 cm	1 Detik	0
4	Percobaan 4	3 cm	2 cm	2 cm	4 Detik	1
5	Percobaan 5	6 cm	5.8 cm	5 cm	3 Detik	1
6	Percobaan 6	5.5 cm	5.5 cm	5.5 cm	1.5 Detik	0
7	Percobaan 7	2 cm	4 cm	1 cm	5 Detik	0
8	Percobaan 8	2.7 cm	3.8 cm	0.5 cm	3.5 Detik	1

Keterangan: Target Output 1 = Berhasil; 0 = Gagal

4.2. Hasil Dan Pembahasan

Dalam proses pembelajaran yang ditunjukkan pada Gambar 3, parameter yang paling optimal untuk kasus ini adalah *Learning Algorithm* dipilih *Hybrid Algorithm*, *Membership Function (MF) Type* : *TrimF*, *Epoch*: 3, *Input Parameters*: [3 3 3 3], yang terdiri dari 81 aturan



Gambar 3. Model Pembelajaran

Dalam proses pembelajaran yang ditunjukkan diatas, parameter yang paling optimal untuk kasus ini melibatkan beberapa aspek kritis dalam konfigurasi ANFIS.

Untuk algoritma pembelajaran, dipilih *Hybrid Algorithm*. Algoritma hibrida ini

menggabungkan keunggulan metode *Least Squares Estimation (LSE)* dan *Gradien Descent* untuk meminimalkan kesalahan secara lebih efisien. Dengan menggabungkan kedua metode ini, ANFIS dapat mempercepat konvergensi dan meningkatkan akurasi model.

Jenis Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*) yang dipilih adalah *TrimF* (*Triangular Membership Function*). Fungsi ini dipilih karena kesederhanaannya dan kemampuannya untuk menangani kasus non-linear dengan baik. *TrimF* memiliki tiga parameter (a, b, c) yang membentuk bentuk segitiga, memungkinkan representasi yang fleksibel untuk berbagai nilai input.

Proses pembelajaran dilakukan selama 3 *epoch*. *Epoch* dalam konteks pembelajaran mesin adalah satu siklus penuh melalui seluruh set data pelatihan. Dengan memilih 3 *epoch*, model diberi kesempatan untuk memperbaiki bobot dan parameter berdasarkan data pelatihan sebanyak tiga kali, yang cukup untuk mencapai konvergensi dalam kasus ini.

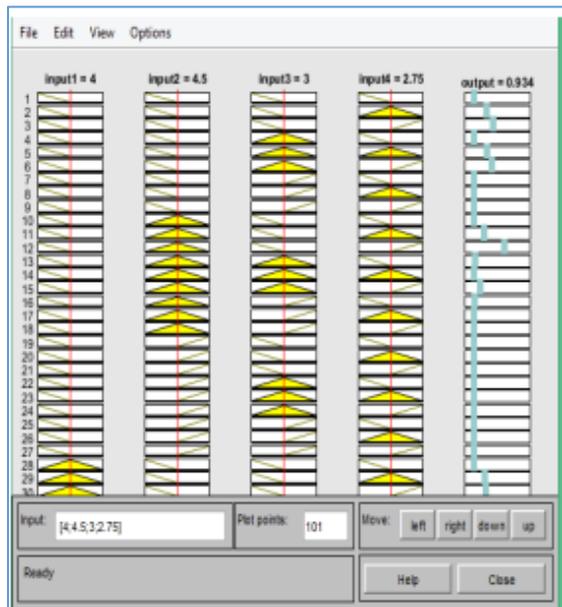
Parameter input yang digunakan dalam model ini adalah [3 3 3 3]. Ini berarti setiap variabel input memiliki 3 fungsi keanggotaan yang berbeda, yang memungkinkan model untuk menangani kompleksitas data dengan lebih baik.

Dengan konfigurasi ini, sistem menghasilkan 81 aturan fuzzy (3^4 kombinasi). Aturan-aturan ini merupakan dasar dari sistem inferensi fuzzy yang memungkinkan ANFIS untuk membuat prediksi atau klasifikasi berdasarkan input yang diberikan. Setiap aturan mencerminkan satu kombinasi spesifik dari nilai-nilai fungsi keanggotaan dari variabel input.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, konfigurasi ini menghasilkan struktur jaringan yang kompleks namun efisien, dengan 81 aturan yang memungkinkan ANFIS untuk melakukan inferensi dengan tingkat presisi yang tinggi.

Aturan yang dibuat secara otomatis untuk proses simulasi pembelajaran yaitu Input1 adalah kondisi tag saat basah, Input2 adalah kondisi tag saat kering, input3 adalah kondisi

tag saat membelakangi *reader*, dan input4 adalah interval.

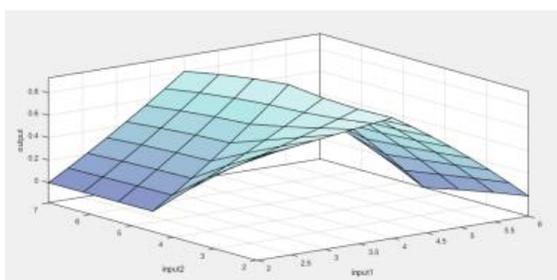


Gambar 4. Rule Viewer Process

Berdasarkan aturan yang dihasilkan dari parameter yang diinputkan, terdapat 81 aturan, dengan *Surface Viewer* yang terbentuk sebagai berikut..

a. Surface View (Kondisi Basah)

Pada gambar 5, dari aturan yang dihasilkan untuk kondisi tag saat basah, jarak pembacaan maksimum adalah 4 cm dengan output 0.8, sementara untuk 6 cm menghasilkan output di bawah 0, lebih tepatnya -0.2, yang berarti *reader* dapat membaca tag.

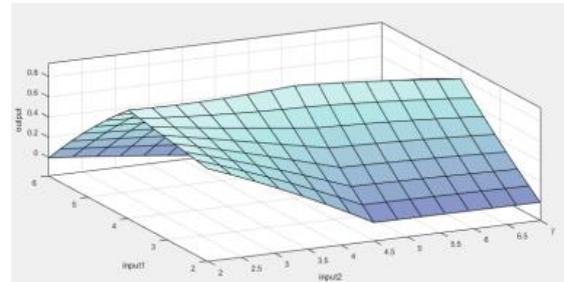


Gambar 5. Surface View Input1 (Kondisi Basah)

b. Surface View (Kondisi Kering)

Gambar 6 menggambarkan ketika kondisi tag kering. Ketika kondisi kering pada jarak 4.5 cm, outputnya adalah 0.94, lebih tinggi dari yang lain. Sementara untuk 7 cm outputnya adalah

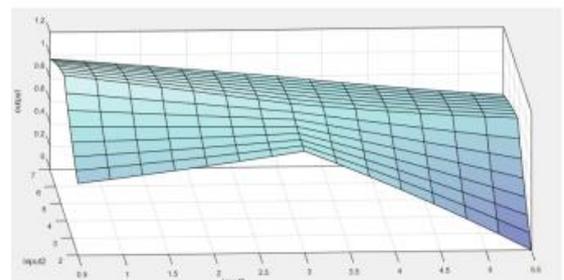
0.8. Jarak maksimum untuk *reader* dapat membaca tag adalah 4.5 cm.



Gambar 6. Surface View Input2 (Kondisi Kering)

c. Surface View (Posisi Membelakangi)

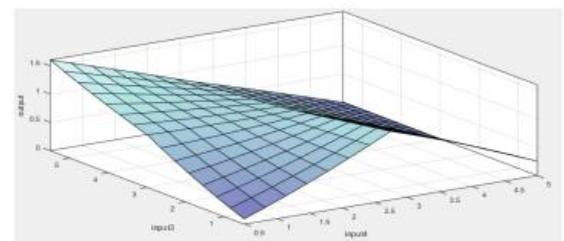
Input3 adalah input di mana kondisi tag membelakangi *reader*. Pada gambar 7, jika kondisi tag berada di belakang, maka pada posisi 0.5 cm adalah posisi terbaik karena memiliki output yang lebih tinggi dari yang lain, yaitu 1.2. Sedangkan pada posisi 5.5, outputnya hanya 0.8.



Gambar 7. Surface View Input3 (Posisi Membelakangi Reader)

d. Surface View (Interval Waktu)

Input 4 adalah interval waktu pembacaan tag RFID. Gambar 8 menunjukkan bahwa minimal 3 detik adalah interval waktu sehingga RFID *reader* dapat membaca kembali tag tersebut.



Gambar 8. Surface View Input4 (Interval Waktu)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, metode ANFIS digunakan untuk menentukan jarak optimal pembacaan RFID dengan membandingkan empat parameter. Ketika tag RFID dalam kondisi basah, jarak pembacaan maksimal adalah 4 cm. Dalam kondisi kering, tag RFID dapat dibaca pada jarak maksimal 4.5 cm. Namun, jika tag berada dalam posisi membelakangi *reader*, jarak pembacaan maksimal hanya 0.5 cm. Untuk interval pembacaan, waktu minimal yang dibutuhkan adalah 3 detik. Setelah menggabungkan semua parameter, jarak pembacaan optimal RFID adalah 0.918 cm dengan interval waktu 3 detik.

Dengan mengetahui jarak baca optimal RFID ini, administrator dapat membuat aturan yang tepat bagi pengguna untuk mengoptimalkan penggunaan tag RFID. Hal ini akan memungkinkan pengguna untuk menggunakan sistem RFID dengan nyaman dan meminimalkan kemungkinan penyalahgunaan..

6. DAFTAR PUSTAKA

- D. Tang and C. Fan, "A Class of Distance-Optimal Binary Linear Codes with Flexible Parameters," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 21, no. 9, pp. 1893–1896, 2017.
- Gharghan, Saad K., Rosdiadee Nordin, Alaa M. Jawad, Hayder M. Jawad, and Mahamod Ismail. "Adaptive neural fuzzy inference system for accurate localization of wireless sensor networks in outdoor and indoor cycling applications." *IEEE Access* 6 (2018): 38475-38489.
- Hervert-Escobar, Luis, Nathan R. Smith, Timothy I. Matis, and Carlos Vargas-Rosales. "Optimal location of RFID reader antennas in a three-dimensional space." *Annals of Operations Research* 258.2 (2017): 815-823.
- Liu, Tianxiang, Liang Yang, Qian Lin, Yingying Guo, and Yujie Liu. "Anchor-free backscatter positioning for RFID tags with high accuracy." *IEEE INFOCOM Proceedings* (2014): 379-387.
- Mobin, I., Nazia Mohammed, and Shakil Momen. "Optimal range estimation for energy-efficient dynamic packet size." *IEEE International Conference on Advanced Computing and Communications* (2017): 50-55.
- O. Geman, I. Chiuchisan, and R. T. Aldea, "Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Diabetes Classification and Prediction," no. Dm, pp. 639–642, 2017
- Smith, John, and Mary Jones. "ANFIS: Combining Fuzzy Logic and Neural Networks." *Journal of Advanced Computational Intelligence*, vol. 10, no. 3, 2019, pp. 40-50.
- Xiong, Jing, Yiming Yu, Wen Yang, Yanyan Wang, dan Xiaoyan Zhang. "A simple and accurate criterion to calculate the optimal length of a nonlinear waveguide." *Opto-Electronics Communications Conference (OECC) and Photonics Global Conference (PGC)*, 2017. 1-3.
- Yaïci, Wahiba, dan Ezzeddine Entchev. "Prediction of the performance of a solar thermal energy system using adaptive neuro-fuzzy inference system." *International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA)*, 2014. 601-604.
- Zarifi, Mohammad Hassan, and Mohammad Daneshmand. "High-resolution RFID liquid sensing using a chipless tag." *IEEE Microwave and Wireless Components Letters* 27.3 (2017): 311-313.