

Desain dan Simulasi Pengaturan Suhu *Vending Machine* Makanan Menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)

M. Fauqi Asyrafi^{1*}, Moh. Zaenal Effendi², Endro Wahjono³

^{1*,2,3}Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

*Email: muhammadfauqi99@pe.student.pens.ac.id

Abstract

The current temperature control system has developed rapidly and has been used in various fields, one of which is the food industry. As we know in the presentation of food, temperature is a very influential thing in the taste of the food. With the development of technology, the way humans sell is now more modern, one of which is selling with vending machines. It is very important to pay attention to the selection of the method in setting the right vending machine temperature to avoid reduced enjoyment in consuming the products sold due to changes in the temperature that has been determined. Therefore, in this study, the Anfis method is proposed for temperature regulation in vending machines. From the simulation results from the simulation results, the Anfis control can accelerate the temperature in reaching the set point and can also maintain the temperature to the set point.

Keywords : Temperature control , ANFIS , Vending machine

Abstrak

Sistem pengaturan suhu saat ini telah berkembang cepat dan telah dimanfaatkan pada berbagai bidang, salah satunya adalah industri makanan. Seperti yang kita ketahui dalam penyajian makanan, suhu merupakan suatu hal yang sangat berpengaruh dalam cita rasa makanan tersebut. Semakin pesat teknologi berkembang, teknik manusia berjualan kini menjadi lebih modern, salah satunya adalah berjualan dengan vending machine makanan. Pemilihan metode dalam pengaturan suhu vending machine yang tepat sangat perlu diperhatikan untuk menghindari berkurangnya kenikmatan dalam mengonsumsi produk yang dijual dikarenakan berubahnya suhu dari yang telah ditentukan. Dikarenakan itu pada penelitian ini diusulkan metode kontrol ANFIS untuk pengaturan suhu pada vending machine makanan. Dari hasil simulasi dari hasil simulasi yang telah dilakukan kontrol ANFIS dapat mempercepat suhu dalam mencapai set poin yang telah ditentukan dan juga dapat mempertahankan suhu sesuai dengan set poin tersebut.

Kata Kunci : Pengaturan suhu, ANFIS, Vending machine

1. Pendahuluan

Vending machine merupakan mesin layanan pelanggan yang beroperasi tanpa bantuan campur tangan manusia [1], konsep *vending machine* pertama ditemukan pada tahun 215 sebelum masehi di mesir kuno [2], angka permintaan akan *vending machine* kini semakin tinggi, hal itu dikarenakan *vending machine* mampu menghemat waktu sebesar 75%-83% [3] hal tersebut yang mendasari *vending machine* bisa diaplikasikan di tempat umum untuk mengatasi antrian panjang seperti di sekolah, universitas dan rumah sakit [4].

Dalam pengembangan *vending machine*, suhu merupakan variabel yang sangat perlu diperhatikan karena suhu makanan yang tidak hangat memiliki peluang menyisakan makanan 3.8 kali daripada makanan yang hangat [5] dan juga makanan harus dijaga agar tetap diluar *danger zone* yaitu sebesar $>60^{\circ}\text{C}$ [6] oleh karena itu pengaturan suhu yang memiliki kecepatan dan akurasi yang tinggi sangat diperlukan [7].

Metode pengaturan suhu konvensional yang biasa digunakan adalah PID, Fleksibilitas dari kontroler PID memungkinkannya untuk dapat digunakan di banyak aplikasi sistem kendali [8], PID adalah mekanisme kerja umpan balik yang bekerja secara kontinyu [9], PID sangat efektif jika digunakan pada sistem nonlinear tapi akan sulit jika digunakan pada sistem tingkat tinggi dan non linear [10]. Sehingga, untuk mengatasi sistem non linear digunakan salah satu kecerdasan buatan yaitu logika fuzzy [11] yang bekerja dengan cara memetakan suatu ruang input kedalam satu ruang output [12].

Selain fuzzy kontrol metode lain yang dapat digunakan pada sistem non linear adalah *Neural Network* (ANN) [13].

Seiring berkembangnya teknologi untuk memecahkan masalah teknik di mana teknik klasik tidak memberikan solusi yang akurat maka digunakan metode *ANFIS* [14], yang merupakan metode penggabungan antara *Neural Network* dan *Fuzzy*, dengan

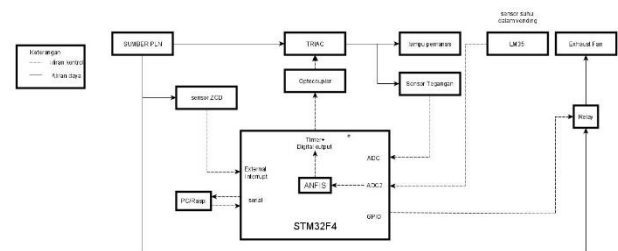
menggunakan *ANFIS* akan didapatkan pengaturan suhu yang lebih baik dibandingkan metode lainya seperti *PI*, *Fuzzy* dan *ANN* [15].

Pada riset ini, dibahas tentang pemodelan dan kontrol suhu pada *vending machine* makanan dengan menggunakan teknik kontrol *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Selain itu software *MATLAB/SIMULINK* digunakan untuk memvalidasi kontrol *ANFIS* yang telah didesain.

2. Metoda Penelitian

2.1. Block Diagram Sistem

Riset ini ditujukan untuk membuat sistem pengaturan suhu pada *vending machine* makanan. Adapaun desain sistem dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

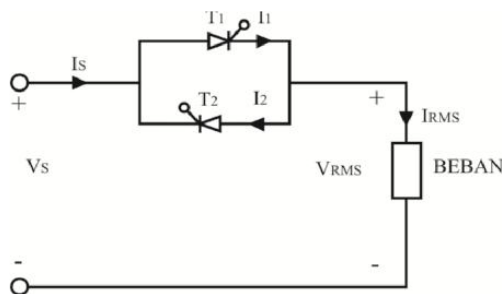
Pada Gambar 1. Sumber PLN digunakan sebagai sumber utama dari konverter AC-AC controller dan *exhaust fan*. *Zero Crossing Detector* (ZCD) Digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi ketika gelombang sumber AC melewati titik 0, AC-AC controller digunakan untuk mengubah *constant voltage* menjadi *variable voltage* untuk sumber elemen pemanas, LM35 dipergunakan menjadi sensor suhu ruangan didalam *vending machine*, dimana sesor LM35 dipergunakan sebagai pembanding terhadap setpoint suhu vending. Sensor Tegangan digunakan untuk memastikan tegangan output konverter sesuai dengan perhitungan dan sudut penyalan TRIAC.

ANFIS dimanfaatkan sebagai penentu nilai dari penyulutan untuk AC-AC Controller berdasarkan oleh nilai error suhu yang terbaca terhadap setpoint yang ditentukan,

perhitungan tersebut dilakukan oleh STM32F4. *Exhaust Fan* digunakan sebagai emergency jika suhu melebihi batas maksimal yang telah ditentukan (61°C) relay digunakan untuk memutuskan dan menyambungkan daya kedalam *exhaust fan* melalui digital output mikrokontrol.

2.2. Sistem AC-AC Kontroller 1 fasa

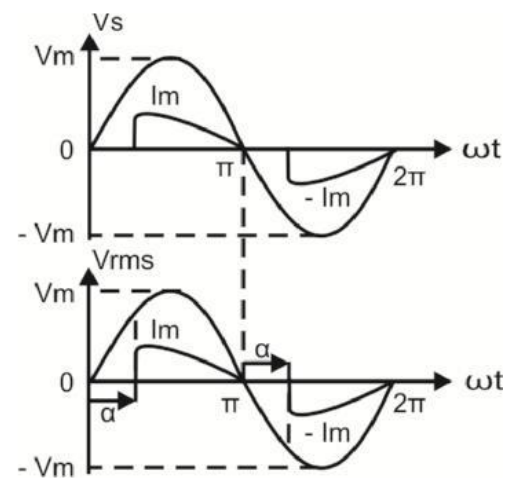
Konverter AC-AC satu fasa merupakan rangkaian yang dapat membuat tegangan keluaran AC (*Alternating Current*) variabel dari sumber AC stabil. Rangkaian konverter ini menggunakan dua komponen *switching thyristor* dengan konfigurasi anti paralel, atau menggunakan satu buah TRIAC (*Triode for Alternating Current*). Konverter AC-AC satu fasa biasa disebut juga dengan pengontrol tegangan AC-AC satu fasa [16]. Berikut rangkaian converter AC-AC controller ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian AC-AC Kontroller 1 fasa

Dalam kontrol sudut fasa, *thyristor* digunakan sebagai sakelar untuk menghubungkan rangkaian beban ke sumber tegangan AC setiap setengah siklus positif serta setengah siklus negatif. Prinsip kerja rangkaian dijelaskan melalui gambar 2 yaitu Ketika *Thyristor* T1 mengalami tegangan arah maju selama setengah siklus positif dari tegangan sumber dengan asumsi kondisi aktif (ON). Tegangan sumber konverter akan mengalir ke beban resistif dan tegangan keluaran $V_{RMS} = V_S$ selama waktu $\omega t + \alpha$ sampai π radian. T1 akan disulur dengan sudut penyulutan ' α ' ($0 \leq \alpha \leq \pi$ radian). Arus mengalir melalui T1 terus ke beban dan kembali lagi ke sumber selama T1 konduksi dari $\omega t = \alpha$ sampai dengan π radian.

Pada saat $\omega t = \pi$, tegangan dan arus akan sama dengan nol, sehingga T1 padam. kemudian Thyristor T2 akan mengalami tegangan *forward* bias selama siklus negatif dari tegangan. T2 dipicu dengan sudut $\pi + \alpha$, arus dan tegangan mengalir dari sumber menuju T2, dan terus menuju beban kemudian akan kembali menuju sumber selama setengah siklus negatif dari tegangan sumber $\omega t = (\pi + \alpha)$ sampai dengan 2π . Karena T2 siklus negatif maka arus beban dan tegangannya negatif selama $\omega t = \pi + \alpha$ sampai dengan 2π [17]. Gelombang kontrol tegangan AC satu fasa berbeban resistif ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gelombang kontrol tegangan AC satu fasa berbeban resistif

Interval waktu antara penyulutan dengan sinyal *trigger* untuk T1 dan T2 kondisi menyala selama kurun waktu radian atau 180° . Pada saat $\omega t = 2\pi$, tegangan sumber berubah menuju nol, dan membuat arus tidak mengalir dari sumber menuju ke beban. Keadaan ini sekaligus membuat T2 akan berada dalam keadaan *OFF (off state)*.

Dalam menentukan sudut *trigger* dari thyristor pada nilai tegangan tertentu yang diinginkan berlaku persamaan $V_{o(rms)}$ [18]:

$$V_{o(rms)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}$$

Dimana :

$V_{o(rms)}$ = Tegangan output rms

V_m = Tegangan input maksimal(peak)

α = Sudut penyalan thyristor

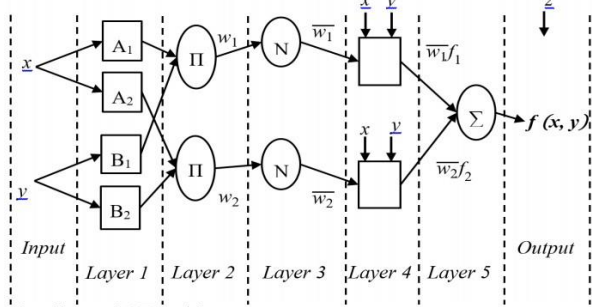
2.3. Pemodelan Kontrol ANFIS

ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) adalah model Sugeno orde pertama yang menggabungkan sistem logika fuzzy terintegrasi dan jaringan syaraf tiruan. Sistem ANFIS didapatkan dari pengujian fuzzy yang dilatih dengan sebuah algoritma pembelajaran [19]. Arsitektur ANFIS juga sama dengan jaringan syaraf tiruan dengan fungsi radial dengan sedikit batasan tertentu [20].

Pada arsitektur ANFIS, misalkan ada 2 input sistem inferensi fuzzy model Sugeno orde satu dengan masukan [21], aturan yang digunakan yaitu:

Aturan 1: *if x is A₁ and y is B₁ then f₁ = p₁ x + q₁ y + r₁*

Aturan 2: *if x is A₂ and y is B₂ then f₂ = p₂ x + q₂ y + r₂*



Gambar 4. Arsitektur Model ANFIS

Dalam struktur ANFIS pada Gambar 4, simpul-simpul adaptif terdapat pada lapisan pertama dan keempat. Simpul pada layer ke-1 terdapat parameter premis yang nonlinier, sedangkan simpul pada layer keempat terdapat parameter konsekuen yang linier. Penjelasan lebih lengkap dapat dijabarkan sebagai berikut:

Lapisan 1. Pada layer pertama dalam diagram ini, merupakan lapisan yang terdiri dari simpul-simpul adaptif atau nilai yang dapat berubah-ubah. Pada struktur jaringan ANFIS lapisan ini biasanya merupakan derajat keanggotaan (μ_i) atau bisa disebut membership function (mf) dari fuzzy set. Fungsi simpul adalah sebagai berikut:

$$O_{1,i} = \mu_A(x), \quad \text{untuk } i = 1,2 \text{ atau}$$

$$O_{2,i} = \mu_B(y), \quad \text{untuk } i = 3,4$$

Simpul 01, menyatakan derajat keanggotaan $\mu(x)$ dari setiap masukan terhadap himpunan fuzzy A dan B.

Lapisan 2. Pada layer ini, semua simpul merupakan parameter-parameter tetap (non adaptif). Simpul ini berguna untuk mengalikan setiap input yang masuk.

Fungsi simpul yang digunakan berupa :

$$O_{3,i} = w_i = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) \quad \text{untuk } i = 1,2$$

Output dari simpul ini menyatakan derajat pengaktifan untuk setiap fuzzy rule. Persamaan ini bisa digunakan jika jumlah fungsi premis lebih dari dua himpunan fuzzy.

Lapisan 3. Simpul ini merupakan simpul nonadaptif yang dapat menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi yaitu komparasi antara keluaran simpul ke-i pada layer sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya. Fungsi yang digunakan yaitu:

$$O_{4,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1,2$$

Lapisan 4. Simpul pada lapisan ini adalah adaptif dengan derajat pengaktifan ternormalisasi yang berasal dari lapisan sebelumnya. Fungsi simpul lapisan ini adalah:

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

Parameter p, q, dan r adalah parameter konsekuen adaptif berdasarkan keluaran dari lapisan sebelumnya.

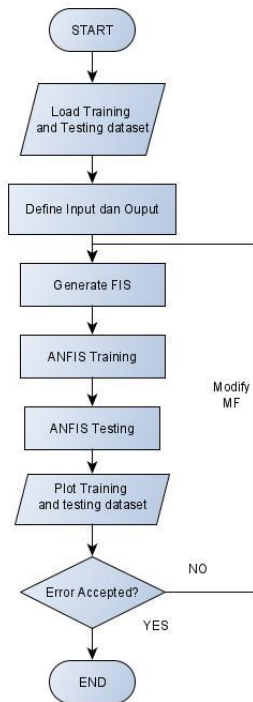
Lapisan 5. Simpul nonadaptif pada lapisan ini menjumlahkan seluruh keluaran dari simpul-simpul pada lapisan sebelumnya dan menghasilkan satu simpul keluaran dengan fungsi simpul sebagai berikut:

$$O_{5,i} = \sum \bar{w}_i \cdot f_i = \frac{\sum w_i f_i}{\sum w_i}$$

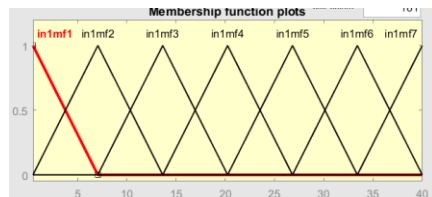
Kelima lapisan ini ekuivalen dengan sistem inferensi fuzzy Takagi Sugeno [22].

Gambar 5. Merupakan diagram alir proses learning anfis, parameter input anfis adalah data error dan delta error dari pembacaan suhu,

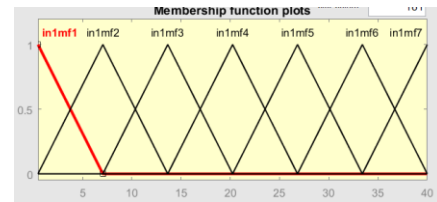
sedangkan parameter output anfis merupakan sudut penyulutan converter. Pada riset ini digunakan jumlah *membership function* dengan tipe *triangle* mf yang masing-masing parameter input menggunakan jumlah mf sebanyak 7 untuk mendapatkan hasil yang lebih ideal [23]. Seperti yang dapat terlihat pada Gambar 6-8, dalam proses pembuatan desain *ANFIS* diperlukan adanya proses *learning* dari ribuan data dari parameter input dan output, dimana data tersebut akan dilakukan proses learning dengan tipe pembelajaran terpadu, setelah dilakukan pembelajaran menggunakan tools *ANFIS edit* dari matlab, kemudian hasil pembelajaran diekspor ke dalam sistem simulasi.



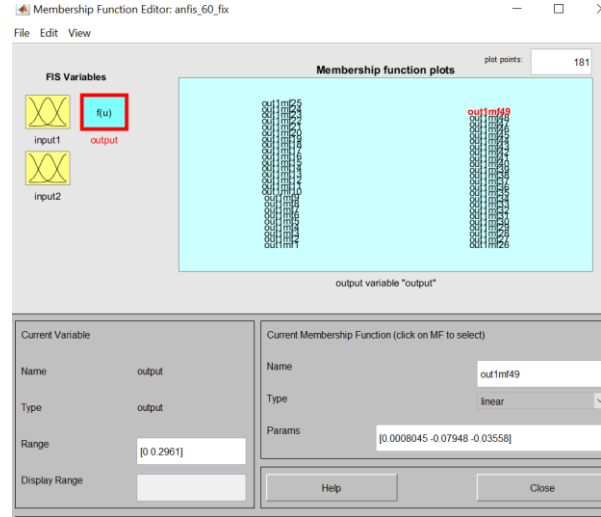
Gambar 5. Diagram Alur ANFIS



Gambar 6. MF Error FIS ANFIS



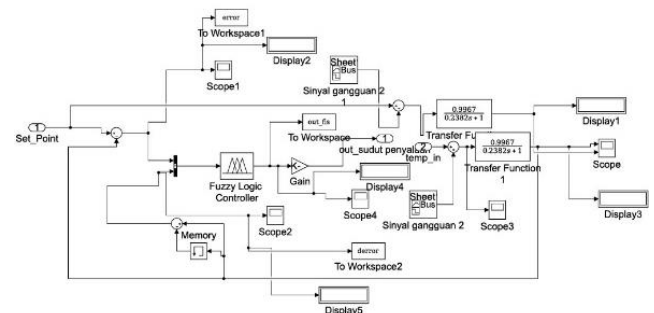
Gambar 7. MF Delta Error FIS ANFIS



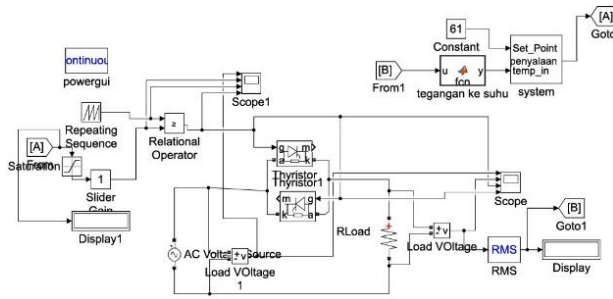
Gambar 8. MF Output FIS ANFIS

3. Hasil Penelitian

Pengujian dilakukan secara simulasi dengan software matlab/simulink, simulasi dilakukan menggunakan AC-AC kontroller sebagai pengatur suhu aktuator yang besar sudut penyalan dari AC-AC kontroller didapatkan dari output fis *ANFIS* berdasarkan dari parameter inputnya yaitu error dan delta error seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



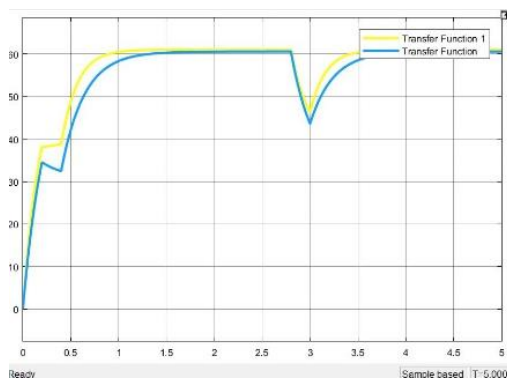
Gambar 9. Rangkaian Kontrol Simulasi



Gambar 10. Rangkaian Konverter Simulasi

Pada pengujian secara *open loop* digunakan metode kontrol *ANFIS* yang digunakan untuk mempercepat suhu dalam mencapai *set point*, untuk pengujian dilakukan beberapa inputan *set point* suhu yaitu sebesar 61°C. kemudian dibandingkan dengan grafik pengujian secara *open loop*.

Dari hasil pengujian, pada set poin poin 61°C waktu steady dicapai pada waktu 12000 dan 8000 detik jika menggunakan *ANFIS* dengan akurasi 98.9%, grafik hasil *output respon* perbandingan *open loop* dengan *close loop* menggunakan *ANFIS* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Output Respon perbandingan Open loop dan ANFIS dengan set poin 61°C

4. Kesimpulan

Dari desain dan simulasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode kontrol *ANFIS* dapat digunakan untuk mempertahankan suhu pada set poin yang ditentukan, dimana pada setiap *steady state* didapatkan rata-rata akurasi terhadap *set point* sebesar 99.63%. Selain itu dengan memanfaatkan metode kontrol *ANFIS* dalam

pengaturan suhu *vending machine* makanan, waktu untuk mencapai kondisi *steady* dapat berkurang secara signifikan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Pradeepa P, Sudhalavanya T, Suganthi K, Suganthi N, Menagadevi M. Design and implementation of vending machine using Verilog HDL. International Journal of Advanced Engineering Technology. 2013 Jan;4:51-3.
- [2] Higuchi, Y. History of the Development of Beverage Vending Machine Technology in Japan, 7, 2007; pp. 1–69.
- [3] Vennan S., Lorraine M., Khumbulani M “Design of a high-tech vending machine”. Procedia CIRP Volume 91, 2020, Pages 678-683.
- [4] Alrehily, A., Fallatah, R. and Thayananthan, V. Design of Vending Machine using Finite State Machine and Visual Automata Simulator, 115(18), 2015; pp. 37–42. doi: 10.5120/20254-2623.
- [5] Lumantoruan, D. B. S. 2012. “Hubungan Penampilan Makanan dan Faktor Lainnya Dengan Sisa Makanan Biasa Pasien Kelas 3 Seruni RS Puri Cinere Depok Bulan April-Mei 2012”. Skripsi . Universitas Indonesia.
- [6] Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Mousazadeh, H., . “Application of multi-layer adaptive neuro-fuzzy inference system for estimation of greenhouse strawberry yield”. Measurement 47, 903–910.2014.
- [7] Permenkes Republik Indonesia Nomor 1204/Menkes/SK/X/2004/Lampiran I.
- [8] W. D. Chang, “PID control for chaotic synchronization using particle swarm optimization,” Chaos, Solutions and Fractals, pp. 910-917, 2009.
- [9] H. Akyuz, E. Yolacan, H. M. Ertunc and Z. Bingul, “PID and state feedback control of a single-link flexible joint robot manipulator,” International Conference on Mechatronics, pp. 409-414, 2011
- [10] A. B.Ptil and A. V. Salunkhe, “Adaptive Neuro Fuzzy Controller for Process Control System,” IEEE Region 10 and the Third International Conference on Industrial and Information Systems, pp. 1-5, December 2008.
- [11] Sasongko,Priyo S.,Retantyo W. “Perancangan pengontrol Fuzzy untuk sistem nonlinear, studi

- kasus pada sistem TORA”.UGM repository,2006.
- [12] Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo., “Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan.” Yogyakarta : Graha Ilmu. 2004.
- [13] Mutia Y., Dodi D.,Hazmira Y.,”Model Non-Linear pada Jaringan Saraf Tiruan”. Jurnal Matematika UNAND Vol VII No.2 Hal 89-97.
- [14] Ari R., Lery S., “Sistem Pengaturan Suhu Air Menggunakan Kendali PID berbasis LabVIEW”. TELEKONTRAN,Vol.4,No.2, Oktober 2016.
- [15] Doaa M. Atia, Hanaa T. El-madany,” Analysis and design of greenhouse temperature control using adaptive neuro-fuzzy inference system” Journal of Electrical Systems and Information Technology 4 34–48.2017.
- [16] Effendi.”Desain dan Aplikasi Pengatur Tegangan AC Satu Fasa”. Jurnal J-Innovation Vol. 8, No. 2, ISSN : 2338-2082.2019.
- [17] Anung,Komarudin,A.”Analisis Karakteristik Konverter AC-AC Satu Fasa Berbeban Resistif Variabel”. Jurnal ISU TEKNOLOGI STT MANDALA ISSN 1979-4819.2016.
- [18] William H.Hayt,Jr, Jack E.Kemmerly, Steven M.Durbin, *Engineering Circuit*. London :McGraw-Hill,2002.
- [19] I.M. Ginarsa, A. Soeprijanto, and M. H. Purnomo, “Controlling chaos using ANFIS-based Composite Controller (ANFIS-CC) in power systems,” in International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology, and Biomedical Engineering 2009, Bandung, Indonesia, Nov. 2009, pp. 1–5.
- [20] K. Sri dan H. Sri . *Neuro Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf edisi 2*.Yogyakarta:Graha Ilmu,2010.
- [21] K. C. Raveendranathan, “A Class of ANFIS Based Channel Equalizers for Mobile Communication Systems,” in 2009 First International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks, Indore, India, Jul. 2009, pp. 486–491, doi: 10.1109/CICSYN.2009.40.
- [22] M. A. Shoorehdeli, M. Teshnehlab, dan A. K. Sedigh, “A novel training algorithm in ANFIS structure,” dalam *2006 American Control Conference*, Minneapolis, MN, USA, 2006, hlm. 6 pp., doi: 10.1109/ACC.2006.1657525.
- [23] Dini Ismawati , Dahnial Syauqy , Barlian Henryranu Prasetyo.,” Perbandingan Jumlah Membership Dan Model Fuzzy Terhadap Perubahan Suhu Pada Inkubator Penetas Telur.” urnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 1, No. 6, 2017.