

Skema Implementasi *Fuzzy Inference System* Tipe Sugeno Sebagai Algoritma Pengendali Pada Sistem Pengamatan Berbasis IoT

Dede Irawan Saputra^{1*}, Asep Najmurokhman¹, Zul Fakhri¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani

Jl. Terusan Jenderal Sudirman PO Box 148 Cimahi 40533

*Corresponding Author: dedeirawan.saputra@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Makalah ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma sistem pakar yaitu *Fuzzy Inference System* sebagai pengendali pada sebuah sistem pengamatan yang dapat terhubung ke jaringan internet menggunakan konsep *Internet of Things*. Sistem dibangun dengan membuat sebuah *node sensor* dan *node actuator* yang dihubungkan ke jaringan internet. *Node sensor* sebagai perangkat yang menghimpun data dan algoritma sistem pakar *Fuzzy Inference System* tipe Sugeno menggunakan papan mikrokontroler NodeMCU pertama dengan masukan berupa presentase kelembaban dan suhu dalam derajat celcius yang dianalogikan dengan potensiometer. Sedangkan *node actuator* sebagai perangkat yang mengimplementasikan keputusan algoritma *Fuzzy Inference System* menggunakan papan mikrokontroler NodeMCU kedua menghasilkan nilai aktuasi untuk *heater* dan *blower* yang dianalogikan dengan motor DC. Skema Sistem tersebut diharapkan dapat diimplementasikan pada ruang pembudidayaan bidang peternakan atau pertanian secara nirkabel dengan mengubah parameter dari tiap himpunan masukan dan keluaran pada algoritma. Percobaan yang dilakukan adalah menyimulasikan perhitungan algoritma menggunakan perangkat lunak MATLAB dan menggunakan mikrokontroler. Hasil dari penelitian menunjukkan keluaran yang identik. Hasil integrasi sistem ditampilkan dalam sebuah *cloud storage* Antares sehingga dapat diakses menggunakan *web browser*.

Kata kunci: *NodeMCU, Fuzzy Inference System, Internet of Things*

Abstract

This paper aims to implement a system algorithm that is a Fuzzy Inference System as a controller in a monitoring system that can connect to the internet network using the concept of the Internet of Things. The system is built by creating node sensors and node actuators that connect the internet. Sensor nodes as devices that collect data and expert systems Sugeno type Fuzzy Inference System system uses the first NodeMCU microcontroller board with input containing a percentage of temperature and temperature at degrees Celsius analogous to a potentiometer. While the actuator node as a device that implements Fuzzy Inference System technology decisions using the second NodeMCU microcontroller board produces actuation values for heaters and blowers analogous to DC motors. This system scheme is expected to be applied to the agricultural or agricultural cultivation space wirelessly by changing the parameters of each set of inputs and outputs in the algorithm. The experiment is to deny the calculation using MATLAB software and use a microcontroller. The results of the study showed identical results. Results supported by a system that is successful in an Antares cloud storage can be accessed using a web browser.

Keywords : *NodeMCU, Fuzzy Inference System, Internet of Things*

PENDAHULUAN

Sistem pembudidayaan pada bidang peternakan dan pertanian sudah masuk ke era digital dan mengalami peningkatan teknologi. salah satu peningkatan teknologi terdapat pada bagian sistem pemantauan dan pengendalian. Proses pemantauan dan pengendalian harus dilakukan secara tertatur perlu dilakukan oleh peternak atau pelaku budidaya agar produktivitas yang optimal dapat tercapai. Namun demikian, terkadang proses secara manual tidak dilakukan secara teratur yang disebabkan oleh kelalaian maupun keterbatasan akses. Tentu saja hal ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan produktivitas saat panen. Di sisi lain, perkembangan teknologi komputer dan internet yang sangat pesat sangat membantu manusia dalam melakukan pekerjaan. Penggunaan teknologi internet yang semakin pesat memunculkan konsep dan isu baru sebagai salah satu dampak perkembangannya.

Salah satu konsep yang muncul saat ini adalah *Internet of Things* (IoT). Konsep IoT merupakan konsep pemanfaatan teknologi internet untuk suatu kebutuhan tertentu yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. IoT muncul seiring dengan perkembangan teknologi komputer lainnya. IoT mempunyai peluang dapat diintegrasikan dengan beberapa teknologi yang ke depannya akan banyak digunakan seperti teknologi sensor nirkabel (Benazzouz et al. 2014) Selain itu, IoT juga dapat disebut sebagai konsep yang dapat menggabungkan antara teknologi internet dan sistem fisik (Biswas and Giaffreda 2014), IoT juga dapat diaplikasikan pada sistem peternakan (Mahale and Sonavane 2016; Phiri, Kunda, and Phiri 2018). Pemanfaatan konsep IoT di bidang peternakan dapat dilakukan untuk mempermudah pengelolaan produktivitas. Sistem IoT dapat digunakan untuk melakukan pemantauan dan pengendalian (Saputra, Fajrin, and Zainal 2019) seperti kelembapan tanah, suhu, intensitas cahaya, dan kualitas udara di lingkup tempat ternak/kandang. Pada beberapa tempat, kandang yang dibangun mempunyai bentuk yang berbeda dan relatif luas (Sofia and Abdurrachim 2015; Subkhie, Suryadhi, and Saleh 2012). IoT dapat pula diintegrasikan dengan konsep *Wireless Sensor Network* (WSN) (Banimelhem, Naserllah, and Abuhantash 2017) sehingga konsep WSN dan IoT sangat cocok untuk diimplementasikan di bidang

peternakan baik sebagai sistem pemantauan maupun sistem kontrol.

Skema implementasi pengontrolan dilakukan dengan menggunakan algoritma seperti logika *fuzzy* pada sistem dengan WSN (Bhowmik, Kar, and Giri 2016; Reddy 2015), logika *fuzzy* untuk klasifikasi data sensor pada konsep *Wireless Sensor and Actuator Network* (WSAN) (Sugiarto 2014), dan logika *fuzzy* sebagai upaya meminimalisir konsumsi energi pada WSN (Singh, Alkesh, and Purohit 2011) serta dapat digunakan untuk mengontrol dibidang pertanian (Najmurokhan et al. 2018). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan konsep pengontrolan perangkat nirkabel dan IoT pada sistem sederhana bidang peternakan dan pertanian pada ruang tertutup. Sebagai studi awal, penelitian difokuskan dalam merancang skema implementasi sensor, aktuator, dan pengontrol berbasis *node* nirkabel. Dengan menggunakan konsep *node*, maka akan lebih mudah dalam proses instalasinya. Selain itu, pengembangan juga dilakukan pada integrasi *node* nirkabel dengan konsep IoT. Integrasi ini dilakukan pada bagian *node* kontroler yang akan berkomunikasi dengan pengguna melalui jaringan internet. Adapun algoritma pengontrolan yang diimplementasikan adalah algoritma *Fuzzy Inference System* (FIS) tipe Sugeno. Dengan demikian, pengguna dapat mengontrol dan melakukan pemantauan terhadap sistem pertanian dengan koneksi internet kapan saja dan di mana saja.

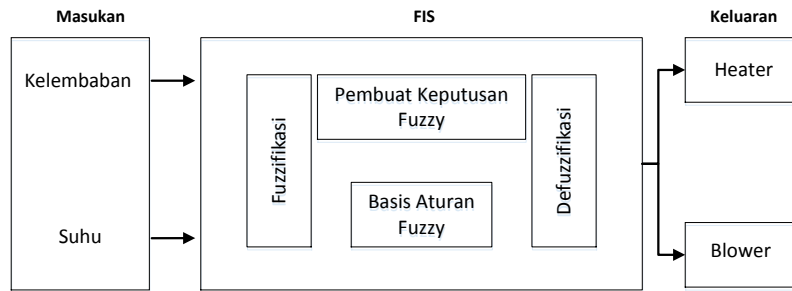
METODE

A. Perancangan Algoritma FIS

Algoritma FIS yang dibangun berdasarkan pengetahuan tentang cara kerja sistem yang ditentukan dalam kumpulan aturan. Istilah lain untuk FIS adalah *fuzzy-rule-based system*, *fuzzy expert system*, *fuzzy modelling*, *fuzzy logic controller* dll. Algoritma FIS dapat dibangun menggunakan beberapa tipe, salah satunya adalah tipe Sugeno. Salah satu kelebihan dari tipe Sugeno adalah dapat diaplikasikan pada sembarang model sistem pengambilan keputusan karena memiliki fungsi keanggotaan konstan.

Suatu sistem yang menggunakan algoritma FIS memiliki tiga komponen utama yaitu proses fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi. Berikut

diagram blok sistem dengan algoritma FIS yang ditunjukkan pada Gambar 1.



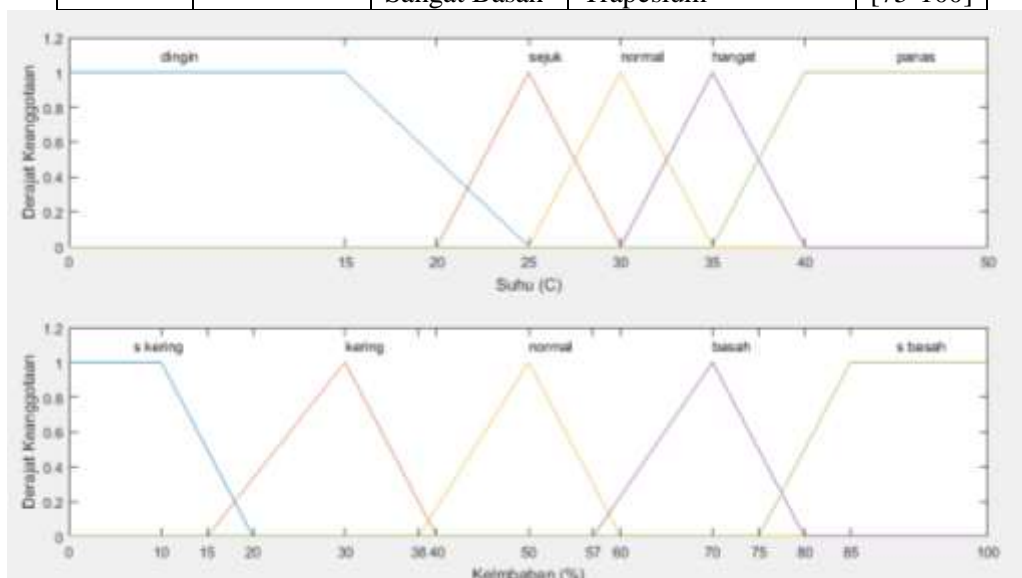
Gambar 1. Diagram blok FIS

Proses fuzzifikasi merupakan langkah sistem agar mengubah masukan-masukannya yang nilai kebenarannya bersifat pasti ke dalam bentuk samar yang dengan menentukan variabel masukannya, domain himpunan fuzzy nya dan semesta pembicaraan. Masukan-masukan tersebut akan dibentuk sebagai masukan

fuzzy yang berupa nilai linguistik yang semantiknya dibentuk dan ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan yang digunakan. Pada penelitian digunakan bentuk sistem FIS dengan dua input dan dua output. Adapun himpunan fuzzy untuk masukan FIS ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Parameter masukan fuzzy

Fungsi	Variable	Himpunan	Fungsi Keanggotaan	Domain
Masukan	Suhu [0-50 °C]	Dingin	Trapesium	[0-25]
		Sejuk	Segitiga	[20-30]
		Normal	Segitiga	[25-35]
		Hangat	Segitiga	[30-40]
		Panas	Trapesium	[35-50]
	Kelembaban [0-100 %]	Sangat Kering	Trapesium	[0-20]
		Kering	Segitiga	[15-40]
		Normal	Segitiga	[38-60]
		Basah	Segitiga	[57-80]
		Sangat Basah	Trapesium	[75-100]



Gambar 2. Himpunan masukan fuzzy

Berikut parameter dari masing-masing fungsi keanggotaan masukan pada variabel suhu:

$$\mu_{Dingin}[x] \begin{cases} 1; < 0 < x \leq 15 \\ \frac{(25-x)}{(25-15)}; & 15 < x \leq 25 \\ 0; & x > 25 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Sejuk}[x] \begin{cases} \frac{(x-20)}{(25-20)}; & 20 < x \leq 25 \\ \frac{(30-x)}{(30-25)}; & 25 < x < 30 \\ 0; & x \leq 20, x \geq 30 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{Normal} [x] \begin{cases} \frac{(x-25)}{(30-25)}; & 25 < x \leq 30 \\ \frac{(35-x)}{(35-30)}; & 30 < x < 35 \\ 0; & x \leq 25, x \geq 35 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{Hangat}[x] \begin{cases} \frac{(x-30)}{(35-30)}; & 30 < x \leq 35 \\ \frac{(40-x)}{(40-35)}; & 35 < x < 40 \\ 0; & x \leq 30, x \geq 40 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{Panas} [x] \begin{cases} \frac{(x-35)}{(40-35)}; & 35 < x \leq 40 \\ 1; & 40 < x \leq 50 \\ 0; & x \leq 35, x \geq 50 \end{cases} \quad (5)$$

Berikut parameter dari masing-masing fungsi keanggotaan masukan pada variabel kelembaban:

$$\mu_{SgtKering}[y] \begin{cases} 1; & 0 < y \leq 10 \\ \frac{(20-y)}{(20-10)}; & 10 < y < 20 \\ 0; & y \leq 0, y \geq 20 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{Kering}[y] \begin{cases} \frac{(y-15)}{(30-15)}; & 15 < y \leq 30 \\ \frac{(40-y)}{(40-30)}; & 30 < y < 40 \\ 0; & y \leq 15, y \geq 40 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{Normal} [y] \begin{cases} \frac{(y-38)}{(50-38)}; & 38 < y \leq 50 \\ \frac{(60-y)}{(60-50)}; & 50 < y < 60 \\ 0; & y \leq 38, y \geq 60 \end{cases} \quad (8)$$

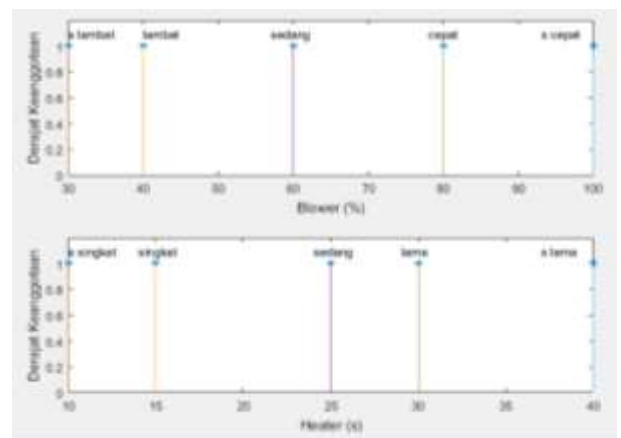
$$\mu_{Basah}[y] \begin{cases} \frac{(y-57)}{(70-57)}; & 57 < y \leq 70 \\ \frac{(80-y)}{(80-70)}; & 70 < y < 80 \\ 0; & y \leq 57, y \geq 80 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{SgtBasah}[y] \begin{cases} \frac{(y-75)}{(85-75)}; & 75 < y \leq 85 \\ 1; & 85 < y \leq 100 \\ 0; & y \leq 75, y \geq 100 \end{cases} \quad (10)$$

Adapun keluaran dari FIS dapat ditentukan berdasarkan tipe yang digunakan. Pada penelitian tipe FIS yang digunakan adalah Sugeno. FIS tipe Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan keluaran yang bersifat linear. Berikut parameter keluaran FIS yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 3 dengan dua variabel keluaran berupa persentase kecepatan *blower* dan lama nyala *heater*. Fungsi keanggotaan keluaran memiliki derajat keanggotaan satu pada satu nilai tunggal dan nol pada nilai yang lain

Tabel 2. Parameter keluaran

Variable	Himpunan	Nilai
<i>Blower</i> [30-100] %	Sangat Lambat	30
	Lambat	40
	Sedang	60
	Cepat	80
	Sangat Cepat	100
<i>Heater</i> [0-40]detik	Sangat Singkat	10
	Singkat	15
	Sedang	25
	Lama	30
	Sangat Lama	40



Gambar 2. Himpunan keluaran *fuzzy* tipe Sugeno

Langkah berikutnya adalah membangun proses inferensi dengan melakukan penalaran menggunakan masukan *fuzzy*. Proses inferensi tersebut diperlukan sebuah aturan sehingga dapat ditentukan keluaran *fuzzy*. Adapun basis aturan *fuzzy* yang dibangun berdasarkan masukan dan keluarannya ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. In1 dan In2 merupakan masukan dari sistem. FIS memperhitungkan semua aturan yang dibuat sehingga menjadi dasar pengetahuan. Metode yang digunakan pada proses inferensi digunakan adalah aturan *if-then* dengan model Sugeno. Aturan yang dibangun terdiri dari aturan untuk menggerakkan *blower*

dan *heater* dengan masing-masing aturan terdiri dari 25 buah.

Adapun proses defuzzifikasi yang digunakan untuk memetakan nilai dari himpunan *fuzzy* ke dalam nilai tegas adalah metode *Weight Average* (WA) atau dapat dikenal dengan rerata pembobotan. Pada metode WA, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan dengan formulasi berikut:

$$z = \frac{\sum \mu(z)z}{\mu(z)} \quad (11)$$

Tabel 3. Arutan “*if-then*” *fuzzy* untuk menggerakkan *blower*

In1\ In2	Dingin	Sejuk	Normal	Hangat	Panas
Sangat Kering	Lambat	Lambat	Sedang	Cepat	Sangat Cepat
Kering	Lambat	Lambat	Sedang	Cepat	Sangat Cepat
Normal	Sangat Lambat	Lambat	Lambat	Sedang	Cepat
Basah	Sangat Lambat	Sangat Lambat	Lambat	Cepat	Sedang
Sangat Basah	Sangat Lambat	Sangat Lambat	Sangat Lambat	Lambat	Sedang

Tabel 4. Arutan “*if-then*” *fuzzy* untuk menggerakkan *heater*

In1\ In2	Dingin	Sejuk	Normal	Hangat	Panas
Sangat Kering	Singkat	Singkat	Sangat Singkat	Sangat Singkat	Sangat Singkat
Kering	Singkat	Singkat	Singkat	Sangat Singkat	Sangat Singkat
Normal	Lama	Sedang	Sedang	Sedang	Singkat
Basah	Sangat Lama	Lama	Sedang	Sedang	Sedang
Sangat Basah	Sangat Lama	Sangat Lama	Lama	Sedang	Sedang

Berikut contoh perhitungan secara manual apabila terdeteksi suhu sebesar 33°C dan kelembaban sebesar 39%. Berdasarkan nilai masukan tersebut dapat dicari masing-masing derajat keanggotaannya menggunakan persamaan (1)-(10) sesuai dengan fungsi keanggotaan dan aturan yang aktif. Adapun derajat keanggotaan yang didapat untuk menentukan nilai *blower* dan *heater* adalah:

$$\mu_{\text{Normal}} [33] = \frac{(35-33)}{(35-30)} = 0.4$$

$$\mu_{\text{Hangat}} [33] = \frac{(33-30)}{(35-30)} = 0.6$$

$$\mu_{\text{Kering}} [39] = \frac{(40-39)}{(40-30)} = 0.1$$

$$\mu_{\text{Normal}} [39] = \frac{(39-38)}{(50-38)} = 0.083$$

Terdapat empat aturan yang aktif untuk menggerakkan *blower* diantaranya adalah:

[R1] IF Suhu Normal AND Kelembaban Kering THEN *Blower* Sedang.

$$\mu_{\text{Sedang}} [Z] = \mu_{\text{Normal}} [33] \cap \mu_{\text{Kering}} [39] = \min [0,4 ; 0.1] = 0,1$$

[R2] IF Suhu Normal AND Kelembaban Normal THEN *Blower* Lambat

μ Lambat [Z] = μ Normal [33] \cap μ Normal [39]
= min [0,4 ; 0,083] = 0,083

[R3] *IF* Suhu Hangat *AND* Kelembaban Kering
THEN *Blower* Cepat.

μ Cepat [Z] = μ Hangat [33] \cap μ Kering [39] =
min [0,6 ; 0,1] = 0,1

[R4] *IF* Suhu Hangat *AND* Kelembaban Normal
THEN *Blower* Sedang.

μ Sedang [Z] = μ Hangat [33] \cap μ Normal [39]
= min [0,6 ; 0,083] = 0,083

Adapun derajat keanggotaan keluaran sistem untuk menggerakkan *blower* dapat ditentukan dan digunakan untuk melakukan proses defuzzifikasi menggunakan formula pada persamaan (11):

μ Sedang [60] = 0,1
 μ Lambat [40] = 0,083
 μ Cepat [80] = 0,1
 μ Sedang [60] = 0,083

$$Z = \frac{(0,1)(60) + (0,083)(40) + (0,1)(80) + (0,083)(60)}{0,1 + 0,083 + 0,1 + 0,083}$$

$$Z = \frac{22,3}{0,366} = 60,9$$

Terdapat empat aturan yang aktif untuk menggerakkan *heater* diantaranya adalah:

[R1] *IF* Suhu Normal *AND* Kelembaban Kering
THEN *Heater* Singkat.

μ Sedang [Z] = μ Normal [33] \cap μ Kering [39] =
min [0,4 ; 0,1] = 0,1

[R2] *IF* Suhu Normal *AND* Kelembaban
Normal *THEN* *Heater* Sedang

μ Lambat [Z] = μ Normal [33] \cap μ Normal [39]
= min [0,4 ; 0,083] = 0,083

[R3] *IF* Suhu Hangat *AND* Kelembaban Kering
THEN *Heater* Sangat Singkat.

μ Cepat [Z] = μ Hangat [33] \cap μ Kering [39] =
min [0,6 ; 0,1] = 0,1

[R4] *IF* Suhu Hangat *AND* Kelembaban Normal
THEN *Heater* Sedang.

μ Sedang [Z] = μ Hangat [33] \cap μ Normal [39]
= min [0,6 ; 0,083] = 0,083

Adapun derajat keanggotaan keluaran sistem untuk menggerakkan *heater* dapat ditentukan dan digunakan untuk melakukan proses defuzzifikasi menggunakan formula pada persamaan (11):

μ Sangat Singkat [10] = 0,1

μ Singkat [15] = 0,1

μ Sedang [25] = 0,083

μ Sedang [25] = 0,083

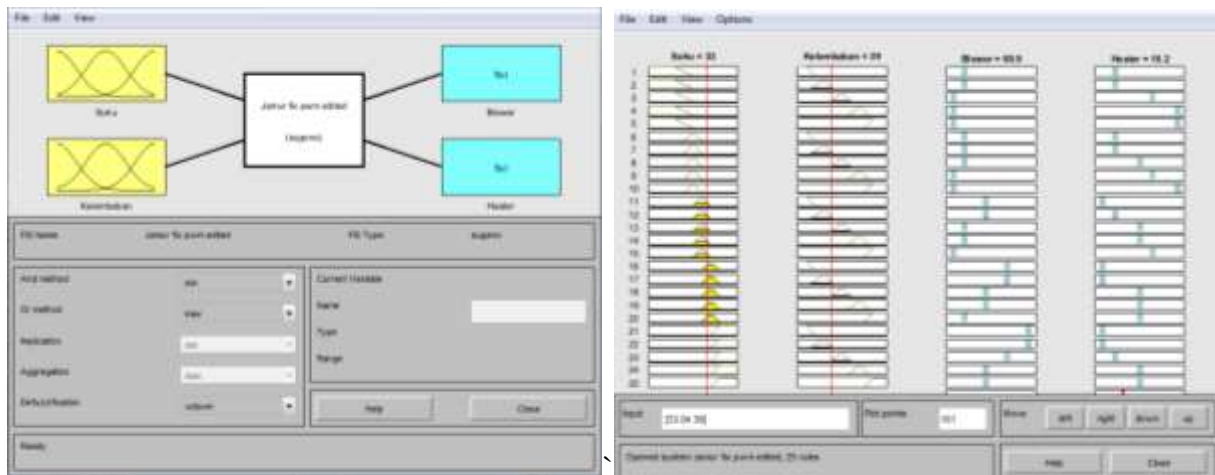
$$Z = \frac{(0,1)(10) + (0,1)(15) + (0,083)(25) + (0,083)(25)}{0,1 + 0,083 + 0,1 + 0,083}$$

$$Z = \frac{6,661}{0,366} = 18,2$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka suhu sebesar 33°C dan kelembaban sebesar 39% akan menghasilkan *blower* sebesar 60,9 % dan *heater* sebesar 18,2 s.

B. Simulasi menggunakan Fuzzy Logic Toolbox Matlab

Simulasi menggunakan *Fuzzy Logic Toolbox* (FLT) *Matlab* dilakukan untuk memvalidasi perancangan algoritma. Berikut tampilan FLT yang ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil yang ditunjukkan berupa nilai masukan dan keluaran sistem.



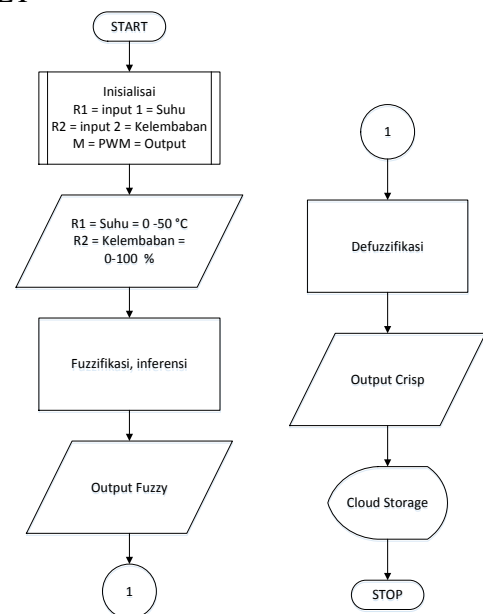
(a)

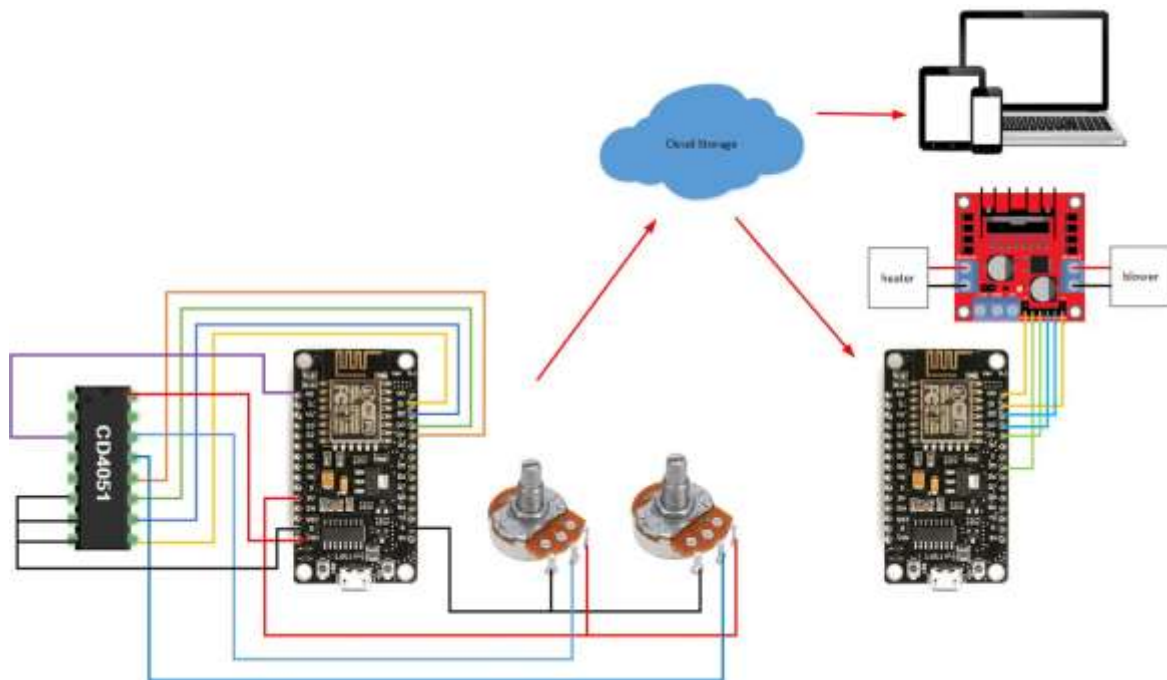
(b)

Gambar 3. Simulasi FLT

C. Perancangan dan Integrasi Sistem

Simulasi berikutnya adalah menggunakan papan NodeMCU sebagai *node* sensor dan *node* aktuator, kedua masukan yang berupa himpunan *fuzzy* yang dianalogikan dengan dua buah potensiometer terhubung dengan *node* sensor yang dapat diatur nilainya sesuai dengan masukan yang diinginkan serta terhubung dengan jaringan internet sehingga dapat mengirimkan data secara *real time* ke platform *cloud storage*. *Cloud storage* yang digunakan adalah antares.id yang memiliki fitur keamanan, handal dan dapat dihubungkan dengan berbagai perangkat papan mikrokontroler seperti arduino, ESP, Raspbery dan Android. Berikut diagram alir dari FIS ditunjukkan pada Gambar 4. Perancangan sistem kendali berbasis logika *fuzzy* terdiri dari inialisasi fungsi masukan sistem, pembuatan aturan serta proses defuzzifikasi.

Gambar 4. Diagram alir pemrograman sistem logika *fuzzy*



Gambar 5. Arsitektur perangkat FIS

Sedangkan keluaran dari sistem berupa putaran *heater* dan *blower* dianalogikan dengan putaran motor DC terhubung dengan *node* aktuator. Nilai yang diterima papan NodeMCU berasal dari data yang dikirimkan *node* sensor ke *cloud storage* sehingga hubungan antara *node* sensor dan *node* aktuator. Sistem yang dirancang bersifat *lup* terbuka sehingga perbedaan kecepatan putaran motor DC ditentukan oleh besar kecilnya nilai PWM yang diimplementasikan hasil dari perhitungan sistem logika *fuzzy* tipe Sugeno. Hasil dari perhitungan menggunakan FIS dapat diamati melalui *websitedan* dapat diakses melalui komputer, laptop dan tablet *smartphone*. Berikut ilustrasi dari sistem menggunakan mikrokontroler sebagai *node* sensor dan *node* aktuator yang ditunjukkan pada Gambar 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi perangkat keras

Hasil dari implementasi perangkat keras yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Implementasi perangkat keras

Perangkat keras sistem terdiri dari *node* sensor dan *node* aktuator. Algoritma FIS yang dirancang kemudian diimplementasikan pada *nodesensor* sehingga ketika sensor mendeteksi perubahan nilai dapat langsung mengambil keputusan dan mengirimkan nilai yang diinginkan ke *cloud storage*. Nilai FIS pada *cloud storage* kemudian diambil oleh *node* aktuator agar diimplementasikan untuk menggerakkan motor DC. Kedua perangkat tersebut dapat berkomunikasi tanpa menggunakan kabel. Setiap *node* harus terhubung dengan jaringan internet agar dapat mengirim dan menerima data pada *cloud storage*.

B. Pengujian Algoritma FIS

Pengujian algoritma dilakukan dengan cara mengubah-ubah nilai masukan dan mengamati perubahan nilai keluaran serta membandingkan dengan perhitungan yang disimulasikan menggunakan perangkat lunak *Matlab*. Berikut hasil komparasi hasil perhitungan FIS antara simulasi dengan implementasi yang ditunjukkan pada Tabel 5. Masukan sistem berupa nilai suhu dan

kelembaban dengan keluaran berupa kecepatan *blower* dan lama nyala *heater*.

Berdasarkan Tabel 5 telah dilakukan sepuluh kali percobaan dengan nilai masukan berbeda sehingga menghasilkan keluaran yang berbeda. Perbedaan yang dapat diamati dari percobaan tersebut adalah angka dibelakang koma. Hasil FIS berdasarkan simulasi dan implementasi memiliki nilai yang identik dan tidak terdapat nilai yang berbeda secara signifikan.

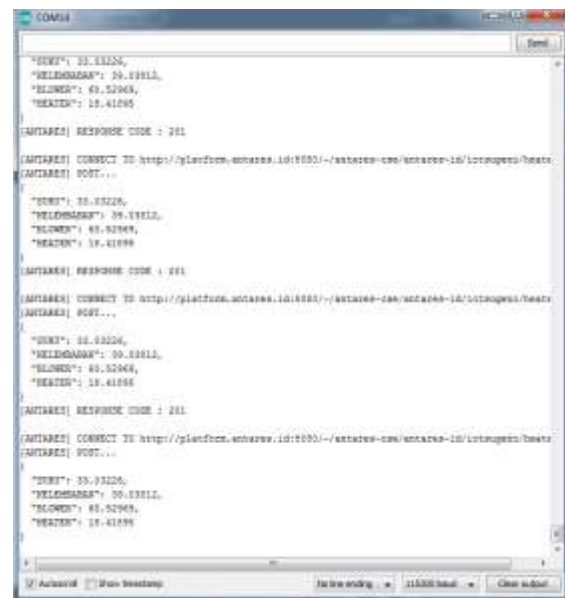
Tabel 5. Hasil perbandingan algoritma FIS

No.	Nilai Masukan		Fuzzy Logic Toolbox		Mikrokontroler	
	Suhu	Kelembaban	Blower	Heater	Blower	Heater
1	33	39	60,9	18,2	60,9	18,2
2	16,03	28,05	40	15	40	15
3	42,3	77,03	60	25	60	25
4	34,56	17,01	74,2	10,7	74,18	10,73
5	16,03	17,01	40	15	40	15
6	25	50	40	25	40	25
7	25,02	98,1	30	40	30	39,95
8	38,5	98,1	54	25	54,06	25
9	37,54	54,06	70,2	19,9	70,15	19,93
10	37,54	17,99	90	10	90	10

C. Pengujian pengiriman dan penerimaan data

Langkah yang dilakukan untuk menguji pengiriman data yang dikirimkan oleh *node sensor* dapat diamati melalui *serial monitor* pada Arduino IDE dengan cara mengubah nilai potensiometer. Proses pengiriman data dapat diamati dengan melihat pengiriman data variabel suhu, kelembaban dan hasil perhitungan algoritma FIS berupa nilai *blower* dan *heater* yang ditunjukkan pada Gambar 7. Keempat variabel tersebut dikirim dengan baik oleh papan mikrokontroler NodeMCU sehingga dapat disimpan di *cloud Storage* Antares.

Pengambilan data oleh *node* aktuator dari *cloud storage* dapat diamati melalui *serial monitor* pada perangkat lunak Arduino IDE seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



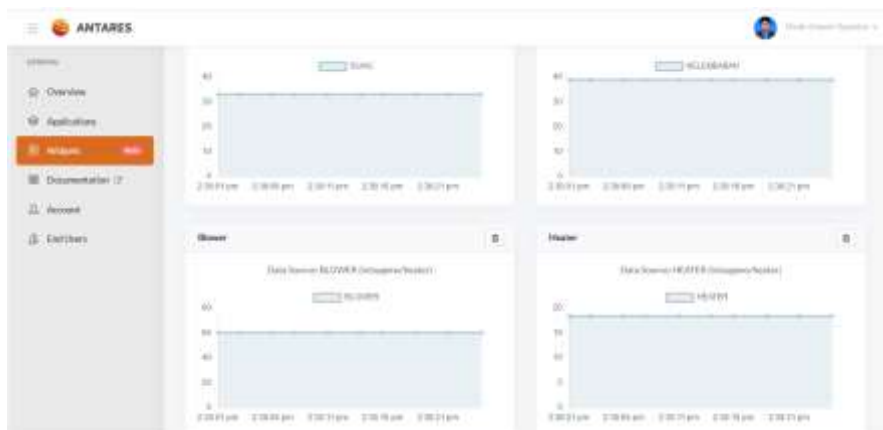
Gambar 7. Tampilan *serial monitor* node sensor



Gambar 8. Tampilan serial monitor node aktuator



(a)



(b)

Gambar 9. Tampilan pada cloud storage Antares; (a) nilai; (b) grafik

D. Pengujian Antares

Langkah ketiga yang dilakukan adalah menguji pengiriman dan pengambilan data oleh *nodesensor* dan *nodeaktuator* melalui *cloud storage*. Tampilan pada *cloud storage* dirancang agar menampilkan setiap perubahan variabel dari sistem. *Cloud storage* pada penelitian dibuat dengan konfigurasi pada *platform* Antares. Kelebihannya adalah pengguna dapat memanfaatkan fasilitas dengan mudah yang disediakan yang berhubungan dengan komunikasi pengiriman dan pengambilan data. Kekurangannya adalah pengguna tidak dapat dengan leluasa mengakses secara penuh konfigurasi yang berhubungan dengan data parameter atau variabel pada sistem. Akan tetapi pengembangan skema *node* nirkabel ini akan terus dilakukan guna menyempurnakan dan meningkatkan sistem IoT.

Agar sistem dapat dioperasikan, kedua *node* tersebut harus terhubung dengan koneksi internet. Pengiriman dan pengambilan data hasil perhitungan algoritma dapat ditentukan dan disesuaikan dengan keperluan dengan cara mengubah nilai *delay* pada program pengiriman dan pengambilan. Pada penelitian proses pengiriman dan pengambilan data dilakukan setiap satu detik sekali. Penentuan nilai tersebut juga digunakan untuk menguji performa algoritma FIS. Hasil pengiriman ditunjukkan pada Gambar 9. Gambar 9.a menunjukkan tampilan detail angka yang dikirimkan *node* sensor berupa nilai kelembaban, suhu, *blower* dan *heater*. Sedangkan Gambar 9.b merupakan grafik dari keempat variabel tersebut.

SIMPULAN DAN SARAN

Skema implementasi algoritma FIS pada sistem IoT berbasis *node* nirkabel telah berhasil dirancang dan diuji sebagai studi permulaan pengembangan sistem pengamatan dan pengendalian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap perangkat yang terhubung ke sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan dan simulasi. Tampilan antarmuka sistem pada penelitian menggunakan *platform* dan *cloud storage* Antares.id. Algoritma FIS disimpan pada *node* sensor dan proses eksekusi hasil FIS diimplementasikan pada *node* aktuator.

Komunikasi antara *node* tersebut bekerja dengan baik serta data yang dikirimkan maupun yang diterima dapat diakses. dengan skema ini, diharapkan dapat mempermudah proses pemantauan dan pengendalian pada sebuah sistem yang membutuhkan perhatian dengan posisi sensor dan aktuator yang berjauhan sehingga tidak menggunakan kabel yang panjang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada LPPM UNJANI atas pendanaan hibah internal penelitian kompetitif UNJANI dengan Surat Keputusan Nomor: Skep/133/UNJANI/V/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Banimelhem, Omar, Muhammad Naserillah, and Alaa Abu-hantash. 2017. "An Efficient Coverage in Wireless Sensor Networks Using Fuzzy Logic-Based Control for the Mobile Node Movement." *Advances in Wireless and Optical Communications* 239–44.
- Benazzouz, Yazid, Christophe Munilla, Ozan Günalp, Mathieu Gallissot, and Levent Gürgen. 2014. "Sharing User IoT Devices in the Cloud." Pp. 373–74 in *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT) Sharing*.
- Bhowmik, Suman, Rajib Kar, and Chandan Giri. 2016. "Fuzzy Node Localization in Wireless Sensor Network." Pp. 1112–16 in *IEEE WiSPNET 2016*.
- Biswas, Abdur Rahim and Raffaele Giaffreda. 2014. "IoT and Cloud Convergence: Opportunities and Challenges." 375–76.
- Mahale, Rupali B. and S. S. Sonavane. 2016. "Smart Poultry Farm Monitoring Using IOT and Wireless Sensor Networks." *International Journal of Advanced Research in Computer Science* 7(3):187–90.
- Najmurokhman, Asep, Naufal Arafah, Udin Komarudin, and Bambang H. S. R. Wibowo. 2018. "Prototipe Sistem Kendali Suhu Dan Kelembaban Dalam Ruang Budidaya Jamur Tiram Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Dan Sensor DHT11." Pp. 27–34 in *SENTER 2018*.
- Phiri, Hazael, Douglas Kunda, and Jackson Phiri. 2018. "An IoT Smart Broiler

- Farming Model for Low Income Farmers.” *iJES* 6(3):95–110.
- Reddy, P.Venkata Subba. 2015. “Fuzzy Conditional Inference and Application to Wireless Sensor Network Fuzzy Control Systems.” Pp. 1–6 in *International Conference on Networking, Sensing and Control*.
- Saputra, Dede Irawan, Isti Maulani Fajrin, and Yuda Bakti Zainal. 2019. “Perancangan Sistem Pemantau Dan Pengendali Alat Rumah Tangga Menggunakan NodeMCU.” 4(1).
- Singh, Ashutosh Kumar, Abhijeet Alkesh, and N. Purohit. 2011. “Minimization of Energy Consumption of Wireless Sensor Networks Using Fuzzy Logic.” Pp. 526–28 in *International Conference on Computational Intelligence and Communication Systems Minimization*.
- Sofia, Evi and Abdurrachim. 2015. “Kajian Aspek Ekonomis Penggunaan Heat Pump Sebagai Pemanas Alternatif Pada Kandang Peternakan Ayam Broiler Sistem Tertutup.” Pp. 1–5 in.
- Subkhie, Hasan, Suryadhi, and Amiruddin Saleh. 2012. “Analisis Kelayakan Usaha Peternakan Ayam Pedaging Dengan Pola Kemitraan Di Kecamatan Ciampea Kabupaten Bogor.” *Manajemen IKM* 7(1):54–63.
- Sugiarto, Bambang. 2014. “The Use of Fuzzy Logic for Data Classification in Sensor Node on Wireless Sensor and Actuator Network (WSAN) System.” Pp. 109–13 in *Makassar International Conference on Electrical engineering and Informatics (MICEEI)*.