

ID: 12

Perancangan dan Integrasi Kendali Kelembaban Pada Simulator Kandang Ayam Berbasis Jaringan Nirkabel Menggunakan Algoritma Fuzzy-PID

Design and Integration of Humidity Control in Chicken Cage Simulator Based Wireless Network Using Fuzzy-PID Algorithm

Dede Irawan Saputra^{1*}, Cecep Yusuf², Abdullah Dienul Ahkam³, Handoko Rusiana Iskandar⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro

Jl. Terusan Jenderal Sudirman Universitas Jenderal Achmad Yani
dedeirawan.saputra@lecture.unjani.ac.id^{1*}

Abstrak – Sistem brooding ayam komersil mayoritas menggunakan kipas dan saluran udara sebagai sumber sirkulasi udara untuk mengatur kelembaban di ruangan sekitar. Proses pengendalian biasanya menggunakan kendali on-off dan dapat terjadi fluktuasi kelembaban yang tidak terkendali. Untuk mengatasi hal tersebut maka dirancang metode kendali berbasis Fuzzy Logic Controller yang di implementasikan untuk menghasilkan kendali kelembaban yang optimal dan adaptif. Algoritma kendali yang dirancang kemudian diimplementasikan pada sebuah simulator berupa simulator kandang ayam tersusun dari 2 buah node yang terhubung secara nirkabel. Node sensor akan mengolah data input menggunakan sensor suhu BME280 dan node aktuator akan mengolah data menggunakan algoritma kendali Fuzzy Logic Controller dan penguat proporsional, integral serta derivatif (fuzzy-PID). Pada penelitian juga dirancang model fungsi alih dari plant yang digunakan dalam simulasi untuk proses analisis dan perbandingan dengan hasil eksperimen. Berdasarkan hasil eksperimen dan simulasi tanggapan pengendalian, kendali fuzzy-PID mampu menghasilkan tanggapan transisi yang cepat dengan nilai rise time sebesar 54 detik, settling time sebesar 95 detik dan delay time sebesar 43 detik dibandingkan dengan kendali PID konvensional. Hasil tersebut menunjukkan bahwa algoritma kendali fuzzy-PID lebih baik dari kendali PDI serta dapat mengatasi waktu tunda dan memperkecil deadband, serta menghasilkan penguasaan yang bervariasi sesuai dengan batasan nilai K_p , K_i , dan K_d .

Kata Kunci: kendali fuzzy-PID, node nirkabel, kelembaban.

Abstract – The majority of commercial chicken brooding systems use fans and exhaust as a source of air circulation to regulate humidity in the surrounding space. The control process usually uses on-off controls and uncontrolled humidity fluctuation can occur. To overcome this problem, a Fuzzy Logic Controller based control method is designed which is implemented to produce optimal and adaptive humidity control. The control algorithm designed is then implemented in a simulator in the form of a chicken coop simulator composed of 2 nodes that are connected wirelessly. The sensor nodes will process the input data using the BME280 temperature sensor and the actuator nodes will process the data using the Fuzzy Logic Controller control algorithm and proportional, integral, and derivative (fuzzy-PID) amplifiers. In this research, a transfer function model of the plant that is used in the simulation is also designed for the analysis process and comparison with the experimental results. Based on the experimental results and control response simulations, the fuzzy-PID control can produce a fast transition response with a rise time value of 54 seconds, a settling time of 95 seconds, and a delay time of 43 seconds compared to conventional PID controls. These results indicate that the fuzzy-PID control algorithm is better than the PDI control and can overcome the delay time and reduce the delay time, as well as the results that vary according to the value limits of K_p , K_i , and K_d .

Keywords: fuzzy-PID control, wireless nodes, humidity

1. Pendahuluan

Kelembaban ruangan menjadi salah satu faktor penting keberhasilan di bidang pertanian maupun peternakan. Kelembaban ruangan pada peternakan ayam memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap kulit dalam tumbuh kembang ayam [1]. Ayam broiler mempunyai sistem pengaturan suhu tubuh, akan tetapi ketika berumur 0-5 hari ayam Broiler masih belum bisa mengatur suhu tubuhnya sendiri, ayam baru bisa mengatur suhu tubuhnya secara optimal sejak umur 2 minggu, oleh karena itu ayam yang berusia kurang dari 2 minggu masih membutuhkan sistem brooding dengan nilai suhu 240 – 320 Celcius dan kelembaban 55% – 70%, sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut memerlukan mesin brooder [2]. Pada beberapa kandang konvensional digunakan alat sederhana untuk melakukan pengendalian baik suhu maupun kelembaban. Sistem pengaturan kelembaban masih menggunakan hembusan kipas dan buka tutup jendela [3].

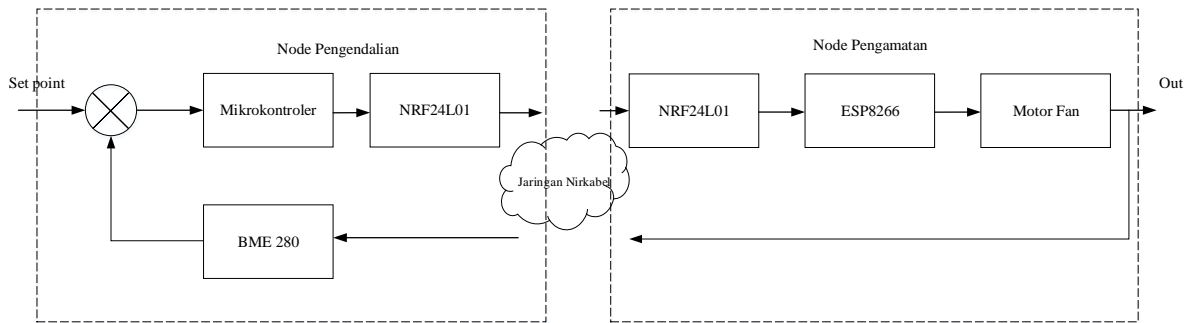
Di sisi lain perkembangan teknologi internet dan kendali sangat pesat, perkembangannya dapat dimanfaatkan dalam peternakan [4]. Pemanfaatan sistem kendali pada bidang peternakan dapat digunakan untuk mengendalikan sistem ruangan salah satunya dapat menggunakan metode kendali fuzzy-PID [5] dengan melakukan penjadwalan pada penguatan, ataupun dapat melakukan secara adaptif. proses pengendalian dapat dikendalikan secara adaptif sesuai dengan kebutuhan pada periode pengembangan. Proses pengendalian secara adaptif dengan metode kendali fuzzy-PID akan memperkecil peluang terjadinya kesalahan yang ditimbulkan pada saat melakukan tindakan pada ruangan sehingga sistem akan lebih fleksibel dan tahan terhadap perubahan/gangguan [6], [7]. Disamping itu, pemanfaatan teknologi Internet dibidang peternakan dapat menggunakan konsep IoT sehingga dapat mempermudah pengelolaan dan pemantauan, seperti pemantauan kelembaban, suhu, aktuator di area peternakan [8]. Kondisi lingkungan seperti luas area peternakan terkadang menjadi kendala tersendiri dalam melakukan konfigurasi maupun pengabel. Salah satu solusi yang ditawarkan untuk instalasi sistem pengendalian adalah menggunakan konsep node nirkabel [9]. *Node* nirkabel merujuk pada konsep *wireless sensor network* (WSN) dan *wireless sensor and actuator network* (WSAN) [10], [11] dapat berupa sekumpulan sensor dan aktuator yang dihubungkan secara terpisah tanpa kabel melalui media gelombang radio. Konsep tersebut dapat diintegrasikan dengan sistem kendali dengan menggunakan jaringan nirkabel yang dapat melakukan sistem pemantauan dan kendali pada area peternakan

Prangkat pengendali menggunakan konsep nirkabel memerlukan beberapa konfigurasi berbeda diantaranya menggunakan perangkat/modul komunikasi. pemantauan menggunakan perangkat yang dapat dihubungkan dengan media transmisi secara nirkabel seperti modul *transceiver* [12]. Modul *transceiver* menggunakan sinyal *Radio Frequency* (RF) sebagai media transmisi data [13]. Modul *transceiver* biasa digunakan oleh node nirkabel sebagai media komunikasi yang digunakan sebagai pemantauan dan pengendalian pada kondisi lingkungan sekitar [14]. Mengimplementasikan sistem *node* nirkabel ke dalam sistem ini berfungsi sebagai komunikasi data antara *node* pengendalian dan *node* pengamatan, data yang diolah berupa nilai kelembaban dan akan dilakukan pengendalian dengan teknik *lup tertutup*. Sistem kendali yang digunakan pada sistem ini menggunakan metode *fuzzy*-PID. Tipe *Fuzzy* yang digunakan adalah tipe *sugeno* yang mempunyai kelebihan yaitu dapat diaplikasikan pada sembarang model sistem pengambilan keputusan karena memiliki keanggotaan konstan [15] Fungsi *fuzzy*-PID pada sistem ini yaitu untuk menggerakkan motor fan yang akan meniupkan udara di lingkungan sekitar sehingga terjadi perubahan kelembaban.

2. Metode Penelitian

2.9. Arsitektur Sistem

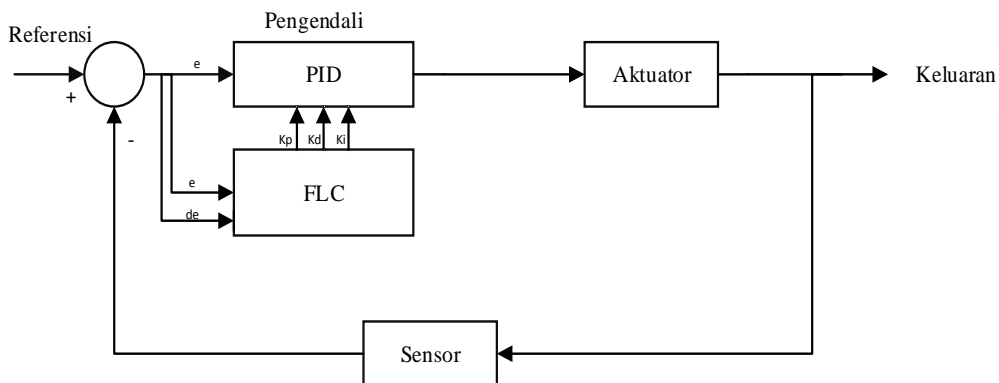
Adapun arsitektur sistem pengendalian pada sistem dengan metode node nirkabel ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur sistem

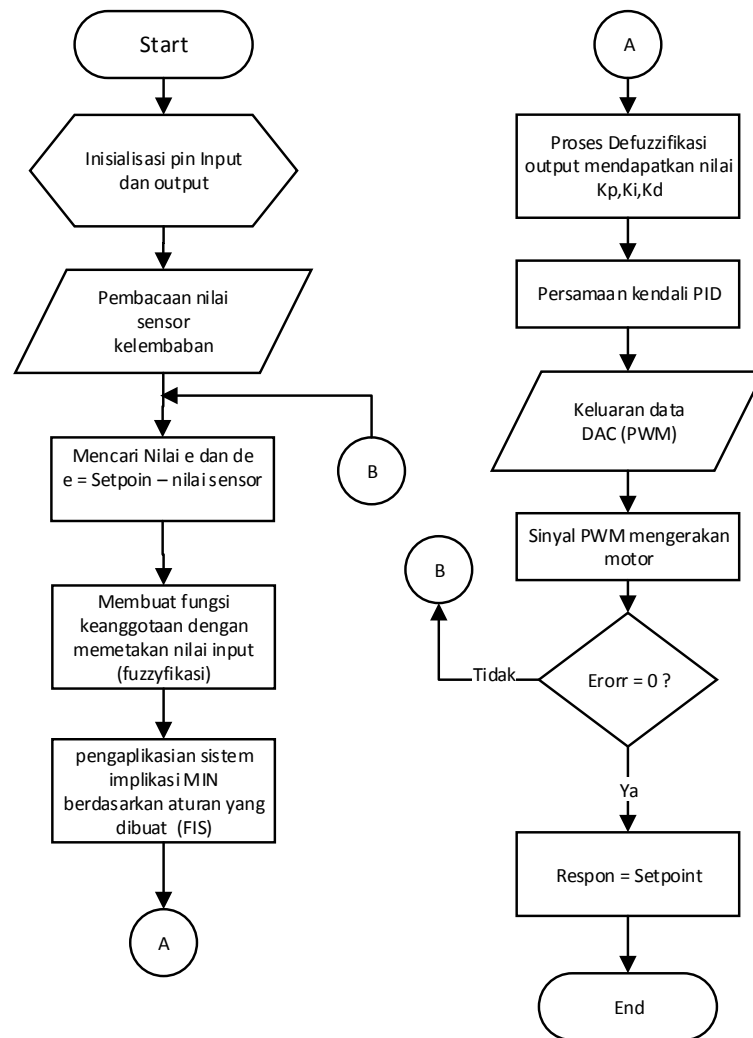
Arsitektur sistem yang ditunjukkan pada Gambar 1 memperlihatkan cara kerja dua buah node. *node* pengendalian terdapat sensor humidity dan motor fan. Hasil. Hasil dari pembacaan dari sensor humidity akan menjadi umpan balik pada sistem kendali yang digunakan di *node* pengendalian. Pada *node* pengamatan data yang dikirim oleh *node* pengendalian akan diterima, data yang diterima oleh *node* pengamatan berupa hasil pembacaan dari sensor, dan keluaran *node* pengendalian. Sama seperti node pengendali, pada *node* pengamatan digunakan juga catu daya, yang berfungsi untuk untuk mengaktifkan keseluruhan sistem terutama pada modul NRF24L01.

2.10. Perancangan Sistem Kendali



Gambar 2. Arsitektur system

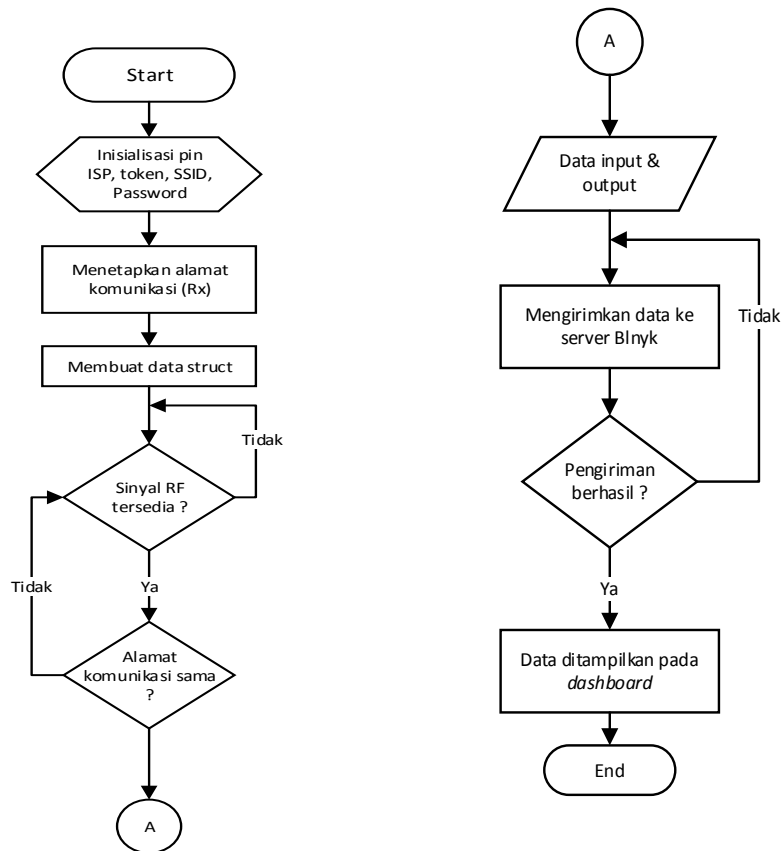
Pada *node* pengendalian yang ditunjukkan pada Gambar 2 terdapat beberapa bagian yaitu referensi masukan, pengendali, aktuator, keluaran, transmiter dan sensor. Bagian kontroler pada *node* pengendalian menggunakan logika Fuzzy–PID yang berfungsi sebagai sistem kendali untuk menggerakkan aktuator. Penggunaan logika fuzzy berfungsi sebagai *tunner* kendali PID secara adaptif dan dapat berbeda-beda pada kondisi tertentu. Masukan pada logika fuzzy berupa error (e) dan delta error (de) yang dihasilkan oleh sensor sebagai umpan balik pada sistem. Sedangkan keluaran dari logika fuzzy merupakan nilai penguatan Kp, Kd, dan Ki yang akan menjadi sinyal kendali. Pada kendali PID nilai Kp, Kd dan Ki akan diolah menjadi sinyal kendali. Sinyal yang dikeluarkan dari kendali PID merupakan nilai PWM yang akan menggerakkan motor sebagai aktuator dan mengendalikan aliran udara. Diagram alir dari sistem node pengendalian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir pengendalian

Sistem ini menggunakan aplikasi Arduino IDE untuk memprogram perangkat mikrokontroler dan papan NodeMCU. Program tersebut terbagi menjadi dua bagian, yaitu program algoritma pengendali dan program pengamatan data menggunakan jaringan nirkabel. Sebelum menulis program pada aplikasi Arduino IDE maka dibuat rancangan program dalam suatu diagram alir agar program yang dibuat sesuai dengan yang diharapkan. Berikut diagram alir untuk program pengamatan dapat dilihat pada Gambar 4.

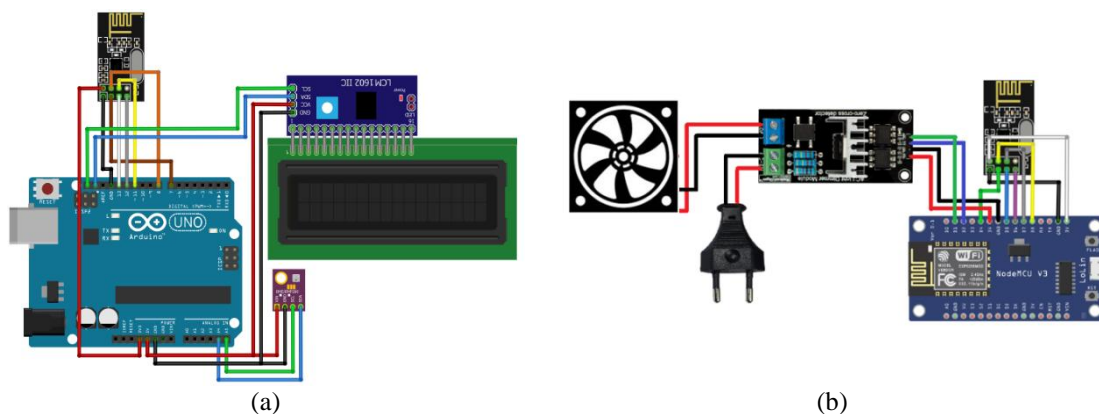
Pada Gambar 4 program komunikasi nirkabel pada perangkat Arduino berfungsi sebagai *transmitter* yang mengirim data pengolahan kendali dengan menggunakan fungsi *struct*. Fungsi *struct* tersebut merupakan kumpulan dari beberapa data dengan beragam tipe, yang dimasukkan ke dalam satu variabel. Untuk menerima data pada perangkat Arduino dibuat program pada perangkat NodeMCU yang berfungsi untuk menerima data (*receiver*) dan melakukan pemantauan dari perangkat pengendali. Hasil dari proses pemantauan kemudian dapat diakses pengguna melalui aplikasi Blynk.



Gambar 4. Diagram alir komunikasi nirkabel dan sistem pengamatan

2.11. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada sistem ini meliputi perakitan sistem *node* pengendalian dan *node* pengamatan. Sistem *node* pengendalian dan pengamatan tersusun dari beberapa komponen. Untuk *node* pengendalian komponen yang digunakan adalah mikrokontroler Atmega328, BME280 dan NRF24L01. Sedangkan pada *node* pemantauan tersusun atas motor fan, modul RF NRF24L01 dan komponen catu daya. Kontroler yang digunakan pada *node* pengamatan komponen yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266 – 12E. Berikut konfigurasi pengabelan rangkaian *node* pengendalian yang terdiri dari papan Arduino Uno, Sensor BME280, NRF24L01 dan LCD pada Gambar 5.a, dan Tabel 1 sampai Tabel 3.



Gambar 5. (a) Node pengendalian; (b) Node pengamatan

Tabel 1. Konfigurasi pin papan Arduino Uno dengan BME280

Arduino Uno	BME280
VCC 5V	VCC
GND	GND
A4	SDA
A5	SCL

Tabel 2. Konfigurasi pin papan Arduino Uno dengan NRF24L01

Arduino Uno	NRF24L01
VCC 3.3V	VCC
GND	GND
7	CE
8	CSN
11	MOSI
12	MISO
13	SCK

Tabel 3. Konfigurasi pin Arduino Uno dengan LCD

Arduino Uno	LCD I2C
VCC 5V	VCC
GND	GND
SDA	SDA
SCL	SCL

Pada rangkaian *node* pemantauan terdapat NodeMCU ESP8266, modul NRF24L01, modul AC *dimmer* dan rangkaian motor fan. Modul NRF24L01 dan modul AC *dimmer* dirangkai pada NodeMCU ESP8266 yang ditunjukkan pada Gambar 5.b dengan konfigurasi pin pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Konfigurasi pin NodeMCU ESP8266 dengan modul AC *dimmer*

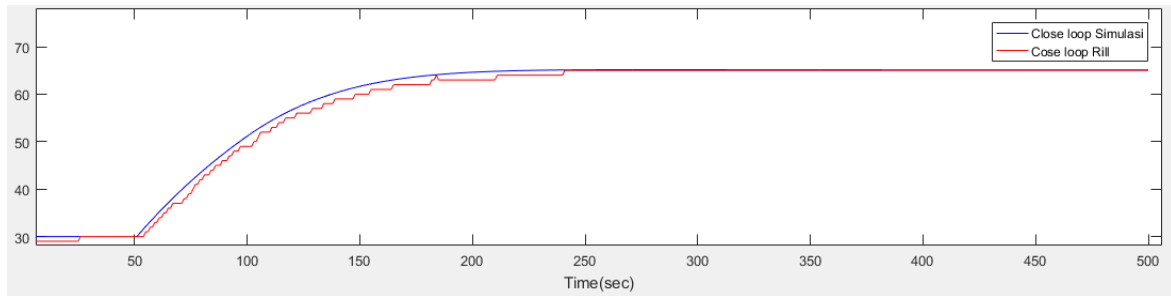
NodeMCU ESP8266	Modul AC <i>light dimmer</i>
VCC 3.3V	VCC
GND	GND
D1	PWM
D2	ZC

Tabel 5. Konfigurasi pin NodeMCU ESP8266 dengan NRF24L01

NodeMCU ESP8266	NRF24L01
VCC 3.3V	VCC
GND	GND
D4	CE
D5	SCK
D6	MISO
D7	MOSI
D8	CSN

2.12. Pemodelan dan identifikasi sistem

Pengujian sistem kendali lup tertutup dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik respon kendali lup tertutup serta melakukan pemodelan dan identifikasi. Hasil pengujian lup tertutup kemudian dilakukan pemodelan menggunakan *System Identification Toolbox*, kemudian diturunkan persamaan fungsi alih lup terbukanya. Pengujian dilakukan dengan memberikan input PWM dan melakukan pengukuran pada output kelembaban. Berikut hasil validasi eksperimen dan simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 7 dengan masukan referensi berupa setpoint sebesar 65%. Sumbu x menunjukkan waktu dalam detik dan sumbu y menunjukkan nilai kelembaban dalam persentase (%).



Gambar 7. Grafik tanggapan sistem dengan kendali lup tertutup

Respon sistem kendali yang dihasilkan oleh sistem lup tertutup yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan karakteristik sistem kendali yang ditunjukkan pada Tabel 6 memperlihatkan pada saat sistem menggunakan kendali lup tertutup, sistem membutuhkan waktu lebih dari 183 detik untuk mencapai kelembaban sebesar 65%.

Tabel 6. Karakteristik respon sistem kendali close loop rill dan simulasi

Tanggapan sistem kendali <i>close loop</i> hasil eksperimen		
Rise time (s)	Settling time (s)	Delay time (s)
129	225	105
Tanggapan sistem kendali <i>close loop</i> hasil simulasi		
Rise time (s)	Settling time (s)	Delay time (s)
98	250	100

Hasil dari pemodelan didapatkan akurasi sebesar 81,45% dan fungsi alih *plant* sebagai berikut.

$$G(s) = \frac{0,0159}{s + 0,0289}$$

Dengan menggunakan metode dan fungsi *c2d* pada Matlab maka dapat ditentukan fungsi alih sistem tersebut ke dalam fungsi alih diskrit dengan waktu 1 detik sebagai berikut.

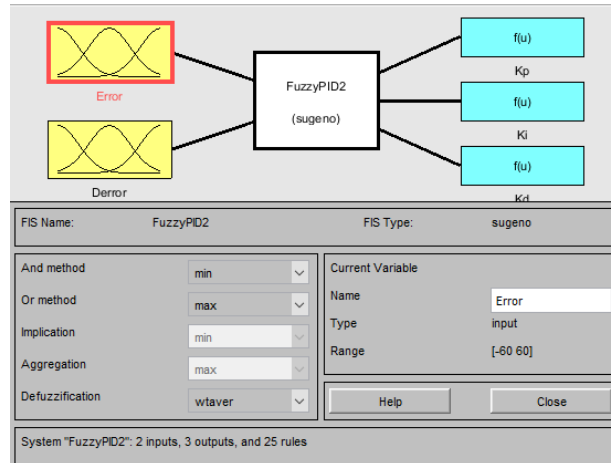
$$G(z) = \frac{0.01567}{z - 0,9715}$$

2.13. Perancangan FLC-PID

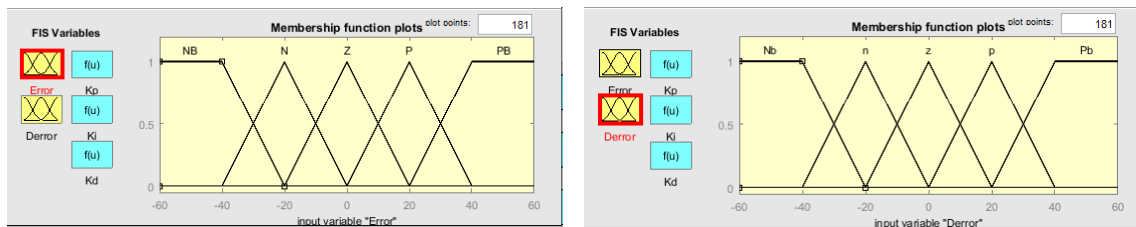
Perancangan kendali logika fuzzy pada sistem ini menggunakan aplikasi Fuzzy Logic Toolbox (FLT) yang disediakan oleh MATLAB. Kendali logika fuzzy dirancang dengan dua buah masukan dan tiga buah keluaran. masukan pada kendali logika fuzzy adalah error dan delta error, sedangkan keluaran pada kendali logika fuzzy adalah nilai penguatan K_p , K_i dan K_d . Pada aplikasi FLT kendali fuzzy dirancang dengan membuat himpunan fuzzy, menentukan fungsi keanggotaan, dan menyusun aturan fuzzy.

2.5.1 Himpunan fuzzy

Untuk membuat himpunan fuzzy perlu untuk menentukan semesta pembicaraan pada nilai masukan dan keluaran logika fuzzy, kemudian dilanjutkan dengan membuat himpunan fuzzy pada setiap variabel masukan dan keluaran. Berikut pembuatan himpunan fuzzy menggunakan FLT yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Konfigurasi masukan dan keluaran pada FLT Matlab



Gambar 9. Grafik himpunan masukan *error* dan *delta error*

Berikut konfigurasi himpunan keluaran fuzzy yang ditunjukkan pada Tabel 7 menggunakan tipe Sugeno dengan menentukan keluaran nilai singleton dari masing-masing fungsi keanggotaan.

Tabel 7. keluaran himpunan *fuzzy*

Fungsi	Variabel	Semesta Pembicaraan	Himpunan Fuzzy	Domain
Output	Kp	[1 - 3]	S	1
			M	1,3
			B	1,5
			MB	2,5
			VB	3
	Ki	[0,02 – 0,1]	S	0,02
			M	0,05
			B	0,07
			MB	0,08
			VB	0,1
Kd	[6,5 - 10]	S	6,5	
		M	7	
		B	7,5	
		MB	8	
		VB	10	

2.5.2 Fuzzy rules

Aturan fuzzy pada FLC terdiri dari tiga kelompok aturan, yaitu aturan untuk keluaran dengan variabel Kp, Ki dan Kd. Masing-masing keluaran memiliki aturan berbeda, dan setiap aturan disusun dengan fungsi implikasi min (minimum), yaitu mengambil nilai paling kecil nilai masukan fuzzy berdasarkan aturan yang aktif sebagai nilai keluaran fuzzy. Masin-masing kelompok aturan terdiri dari 25 buah aturan jadi total aturan adalah 75 aturan. Bentuk setiap aturan tersebut ditunjukkan Tabel 8 s.d Tabel 10. Tabel 8 menunjukkan aturan untuk menentukan nilai penguatan Kp, Tabel 9 menunjukkan aturan untuk menentukan nilai penguatan Ki, dan Tabel 10 menunjukkan aturan untuk menentukan nilai penguatan Kd.

Tabel 8. Aturan *fuzzy* penguatan Kp

$e / \Delta e$	NB	N	Z	P	PB
NB	S	S	M	M	M
N	S	M	MB	MB	MB
Z	B	MB	VB	MB	VB
P	B	MB	MB	VB	VB
PB	MB	MB	MB	VB	VB

Tabel 9. Aturan *fuzzy* penguatan

Ki

$e / \Delta e$	NB	N	Z	P	PB
NB	VB	MB	B	B	M
N	MB	MB	B	B	M
Z	B	B	B	M	M
P	B	M	M	M	M
PB	M	M	S	S	S

Tabel 10. Aturan fuzzy penguatan Kd

$e / \Delta e$	NB	N	Z	P	PB
NB	S	M	M	M	B
N	S	M	B	B	B
Z	M	B	MB	B	MB
P	B	B	MB	MB	VB
PB	B	MB	VB	VB	VB

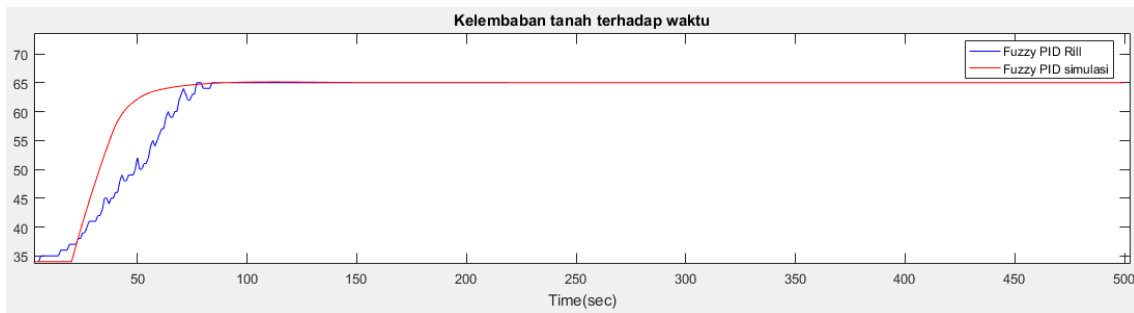
3. Hasil dan Pembahasan

Berikut hasil dari perancangan perangkat keras plant yang ditunjukkan pada Gambar 10 dengan dimensi 40 cm x 40 cm x 40,9 cm dengan ruang tertutup.



Gambar 10. Realisasi sistem

Pada pengujian tanggapan sistem menggunakan algoritma kendali *fuzzy*-PID dilakukan dengan membandingkan data hasil simulasi pada Matlab dengan data hasil eksperimen. Pengujian simulasi tanggapan sistem kendali *fuzzy*-PID dengan menggunakan *transfer function* hasil pemodelan sebagai *model plant* dalam simulasi pada *simulink* MATLAB dan menghasilkan respon sistem seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Tanggapan pengendali *fuzzy*-PID

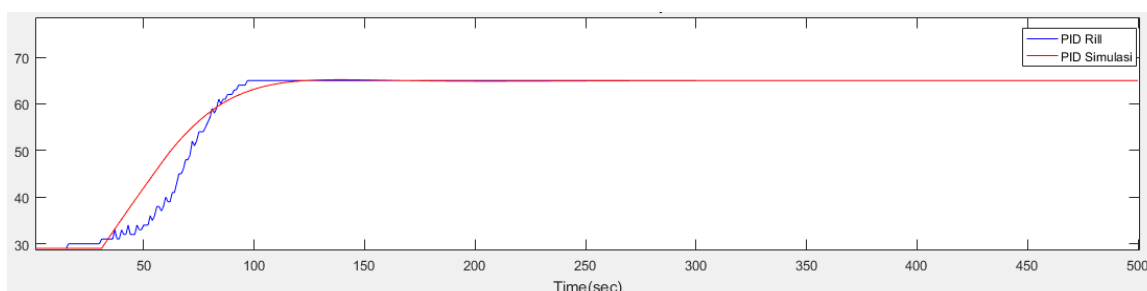
Tanggapan sistem hasil pengujian simulasi dan eksperimen pengendali *fuzzy*-PID yang ditunjukkan pada Gambar menggambarkan bahwa ketika sistem menggunakan kendali *fuzzy*-PID sistem mampu mencapai 90 % dari kondisi stabil dalam waktu 70 detik sedangkan pada simulasi kendali *fuzzy*-PID membutuhkan waktu selama 61 detik. Berikut tabel karakteristik perbandingan tanggapan hasil simulasi dan eksperimen yang ditunjukkan pada Tabel 11. Terdapat *deadband* yang diakibatkan oleh waktu tunda modul komunikasi ditunjukkan pada grafik tersebut sebesar 20 detik.

Tabel 11. Karakteristik respon sistem kendali *fuzzy*-PID kspерimen dan simulasi

Tanggapan sistem kendali <i>Fuzzy</i> -PID eksperimen			
<i>Rise time</i> (s)	<i>Settling time</i> (s)	<i>Delay time</i> (s)	<i>Peak time</i> (s)
54	95	43	86
Tanggapan sistem kendali <i>Fuzzy</i> -PID Simulasi			
<i>Rise time</i> (s)	<i>Settling time</i> (s)	<i>Delay time</i> (s)	<i>Peak time</i> (s)
27	61	32	106

Tanggapan sistem kendali fuzzy-PID dapat mengikuti referensi yang diharapkan dengan baik, hal tersebut dikarenakan pada kendali fuzzy-PID terdapat aturan atau fungsi implikasi dan fungsi keanggotaan, yang membuat sistem fuzzy dapat memproses input secara adaptif.

Sebagai perbandingan dapat dilihat pada Gambar 12 tanggapan sistem menggunakan pengendali PID dengan nilai penguatan yang tetap yaitu $K_p = 3$, $K_i = 0,06$, dan $K_d = 10$ sistem pada hasil ekseprimen memiliki tanggapan dapat mencapai 90 % dari kondisi stabil dalam waktu 91 detik. Sedangkan pada simulasi kendali PID membutuhkan waktu selama 106 detik. *Deadband* yang dihasilkan oleh pengendali PID mencapai 43 detik.



Gambar 12. Tanggapan pengendali PID

Tabel 12. Karakteristik respon sistem kendali PID rill dan simulasi

Tanggapan sistem kendali PID eksperimen			
Rise time (s)	Settling time (s)	Delay time (s)	Peak time (s)
67	115	71	90
Tanggapan sistem kendali PID simulasi			
Rise time (s)	Settling time (s)	Delay time (s)	Peak time (s)
49	132	64	139

Pada penelitian sistem dipisahkan menjadi *node* pengendalian dan *node* pengamatan tanpa kabel akan tetapi dihubungkan dengan perangkat NRF24L01 yang memiliki waktu tunda minimum dan waktu tunda maksimum. Masing-masing waktu tunda minimum sebesar 0,64 detik dan waktu tunda maksimum sebesar 1,12 detik. Pada proses simulasi digunakan waktu tunda maksimum sebesar 1,12 yang direalisasikan menggunakan blok *transport delay* pada Matlab Simulink. Berdasarkan hasil pengujian eksperimen dan simulasi menunjukkan hasil yang relatif dekat pada sistem lup tertutup dengan pengendali *fuzzy*-PID. Pengaruh waktu tunda pada sistem nirkabel membutuhkan sistem kendali yang dapat beradaptasi terhadap lingkungan sekitar maupun terhadap gangguan. Perubahan waktu tunda akan dapat diatasi dengan melakukan penyesuaian penguatan yang dihasilkan oleh algoritma *Fuzzy Logic Controller* sehingga tidak diperlukan proses *manual tuning*. Pada perbandingan dengan pengendali PID juga, sistem dengan pengendali *fuzzy*-PID menghasilkan nilai *deadband* yang relatif kecil dibandingkan dengan pengendali PID.

4. Kesimpulan

Perancangan model *transfer function* berhasil dibuat dan dapat menrepresentasikan kendalian yang sebenarnya, serta perancangan sistem kendali kelembaban kandang ayam berbasis *node* pengendalian dan *node* pengamatan sebagai rangkaian pengendali. Kedua *node* berhasil terhubung secara nirkabel dengan algoritma *fuzzy*-PID dapat mengirim serta menerima data dengan baik serta proses pengendalian dapat mengatasi waktu tunda serta memperkecil *deadband*. Berdasarkan hasil penelitian pada sistem ini menunjukkan bahwa sistem kendali *fuzzy*-PID lebih baik dari pada sistem kendali PID linear dengan mampu menghasilkan tanggapan transisi yang cepat dengan nilai *rise time* sebesar 54 detik, *settling time* sebesar 95

detik dan *delay time* sebesar 43 detik. Pengendali *fuzzy*-PID dapat menghasilkan penguatan yang bervariasi sesuai dengan batasan nilai penguatan K_p , K_i dan K_d . Pendekatan sistem orde pertama yang dilakukan pada proses pemodelan dapat ditingkatkan lagi dengan menambahkan orde sehingga dapat pula dilakukan perancangan pengendali berdasarkan karakteristik orde kedua atau orde banyak.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada LPPM UNJANI atas pendanaan hibah internal penelitian kompetitif UNJANI dengan Surat Keputusan Nomor: Skep/129/Unjani/V/2020.

Referensi

- [1] B. Wihardiyanto, "Pengaruh Lama Periode Brooding dan Level Protein Ransum Terhadap Produksi Karkas Ayam Kedu Hitam Umur 10 Minggu," in *Applied Microbiology and Biotechnology*, pp. 2071–2079, vol. 85, no. 1, 2014,
- [2] Makmur, "Perancangan Prototipe Kandang Ayam Broiler Closed House Untuk Kontrol Suhu Dan Kelembaban Berbasis Arduino Mega 2560," 2018.
- [3] C. G. N. Putra, R. Maulana, and H. Fitriyah, "Otomasi Kandang Dalam Rangka Meminimalisir Heat Stress Pada Ayam Broiler Dengan Metode Naive Bayes," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, pp. 387–394, vol. 2, no. 1, 2018.
- [4] D. I. Saputra, A. Rohmat, A. Najmurrokhman, and Z. Fakhri, "Implementation of fuzzy inference system algorithm in brooding system simulator with the concept of IoT and wireless nodes Implementation of fuzzy inference system algorithm in brooding system simulator with the concept of IoT and wireless nodes," in *ICIEVE 2019*, pp. 1–6, 2020.
- [5] A. M. O. Fini, M. B. Gogani, and M. Pourgholi, "Fuzzy gain scheduling of PID controller implemented on real time level control," 2016.
- [6] A. Mehrzadeh, "A Novel-Scheduling Algorithm for Cloud Computing based on Fuzzy Logic," pp. 28–31, vol. 5, no. 7, 2013.
- [7] N. Sutarna and S. Rahayu, "Metode Tuning Operating Range Fuzzy PID Controller pada Sistem Orde Tiga," *J. Tek. Elektro*, pp. 33–39, vol. 12, no. 1, 2020.
- [8] D. I. Saputra, A. Najmurrokhman, and Z. Fakhri, "Skema Implementasi Fuzzy Inference System tipe Sugeno Sebagai Algoritma Pengendali Pada Sistem Pengamatan Berbasis IoT," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2019*, pp. 1–12, 2019.
- [9] M. Irfal, T. Alfiansyah, D. I. Saputra, and C. Yusuf, "Skema Implementasi Pengendali Heater Kandang Ayam Broiler Berbasis Node Nirkabel Menggunakan Logika Fuzzy," in *Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan*, no. 1, pp. 22–29, 2019.
- [10] R. B. Mahale and S. S. Sonavane, "Smart Poultry Farm Monitoring Using IOT and Wireless Sensor Networks," *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci.*, pp. 187–190, vol. 7, no. 3, 2016.
- [11] B. Sugiarto, "The Use of Fuzzy Logic for Data Classification in Sensor Node on Wireless Sensor and Actuator Network (WSAN) System," in *Makassar International Conference on Electrical engineering and Informatics (MICEEI)*, pp. 109–113, no. November, 2014.
- [12] S. H. Xiong, Z. Zhong, and Z. Xin, "PD-type open-closed-loop iterative learning control in the networked control system," in *Proceedings of the 28th Chinese Control and Decision Conference, CCDC 2016*, pp. 5738–5744, 2016.
- [13] U. J. Shobrina, R. Primananda, and R. Maulana, "Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24I01 , Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, pp. 1510–1517, vol. 2, no. 4, 2018.
- [14] F. S. Fahmi and D. I. Saputra, "Pengontrolan Buka-an Valve Pada Sistem Vessel Separator Dengan Metode Logika Fuzzy Berbasis Node Nirkabel," in *SENTER 2019*:

- Seminar Nasional Teknik Elektro 2019*, pp. 135–149, no. November 2019.
- [15] Y. Wang, H. Zou, J. Tao, and R. Zhang, “Predictive fuzzy PID control for temperature model of a heating furnace,” in *Chinese Control Conference, CCC*, pp. 4523–4527, 2017.