

Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering
Universitas Aisyah Pringsewu



Journal Homepage

<http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>



**INKUBAKTOR PENETAS TELUR OTOMATIS BERBASIS FUZZY
LOGIC CONTROL**

Arjunas Asna Anugerah¹, Arnisa Stefanie²

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Singaperbangsa Karawang
1810631160032@student.unsika.ac.id

ABSTRACT

The development of technology in today's era has had a profound impact on people's lives. One of them is the creation of an egg incubator. However, the existing egg incubator still uses a simple concept with several weaknesses, including still using the on/off method on the switch, the temperature level required for eggs to hatch is still low, and a manual schedule for egg reversal is still needed. intends to make a research entitled "Automatic Egg Incubator Based on Fuzzy Logic Control". The main controller used in the manufacture of this tool uses Arduino uno which has been programmed with Fuzzy Logic Control then connected to the DHT11 sensor actuator to detect the temperature and humidity values. The DHT11 sensor is used to view the recorded temperature value. And the stepping motor actuator acts as an automatic egg rotation every time. 3 hours. The application of fuzzy logic control in this study produces a stable response according to the system that has been set.

Keywords: *Egg Incubator, Sensor DHT11, Arduino Uno, Fuzzy Logic*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di zaman sekarang memang sangat berdampak pada kehidupan masyarakat. Salah satu nya adalah terciptanya alat penetas telur. Namun, alat penetas telur yang sudah ada masih menggunakan konsep sederhana dengan beberapa kelemahan, diantaranya masih menggunakan metode mati/nyala pada saklar, tingkat temperatur yang diperlukan telur untuk menetas masih rendah, dan masih diperlukan jadwal manual untuk pembalikan telur. Dari beberapa kelemahan inilah peneliti bermaksud membuat penelitian yang berjudul "Inkubator Penetas Telur Otomatis Berbasis Fuzzy Logic Control". Kontroler utama yang digunakan dalam pembuatan alat ini menggunakan Arduino uno yang telah terprogram dengan Fuzzy Logic Control kemudian disambungkan dengan aktuator sensor DHT11 untuk mendeteksi nilai temperatur dan kelembapan. Sensor DHT11 digunakan untuk melihat nilai suhu yang terekam. Dan aktuator motor stepping sebagai putaran telur otomatis setiap 3 jam. Penerapan fuzzy logic control pada penelitian ini menghasilkan respon yang stabil sesuai dengan system yang sudah di atur.

Kata Kunci: *Inkubator Telur, Sensor DHT11, Arduino Uno, Fuzzy Logic*

I. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini dapat berdampak besar bagi kehidupan masyarakat di bidang teknologi. Contohnya, bagi seseorang peternak hewan unggas, dibutuhkan waktu sampai hewan unggas bertelur. Selain itu, setiap ayam dewasa memiliki batasan jumlah produksi untuk bertelur sampai menetas. Pada umumnya, Untuk menetas telur dibutuhkan suhu stabil yaitu 37°C . Jika suhu lebih atau kurang dari 37°C dapat menyebabkan perkembangan embrio yang tidak sempurna dan dapat menyebabkan perkembangan embrio yang abnormal dalam telur, embrio yang kurang sempurna dapat mengakibatkan penetasan anak ayam yang cacat. Untuk mengatasi masalah tersebut, peneliti bermaksud untuk membuat mesin penetas telur untuk mempermudah pekerjaan para peternak unggas seperti ayam dalam hal penetasan telur. Alat dapat mengatur tingkat suhu sesuai dengan kondisi lingkungan, suhu alat adalah suhu yang dibutuhkan telur ayam untuk menetas anak ayam normal.. Saat ini, telah diketahui bahwa sudah banyak alat penetas telur, namun sayangnya masih sederhana dan belum otomatis. Penggunaan metode yang konvensional tentu memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah:

- 1) Masih menggunakan cara kerja sistem yang bersifat mati/nyala manual pada lampu yang digunakan untuk penentu tingkat suhu dapat membuat kinerja yang ekstra untuk tepat dalam mematikan lampu.
 - 2) Tidak mencapai tingkat pemancaran panas yang diperlukan oleh telur, dapat menghasilkan anak ayam yang cacat.
 - 3) Menentukan jadwal yang tepat dalam menyalakan atau mematikan lampu jika dibandingkan dengan alat penetas telur otomatis tentunya mematikan atau menyalakan lampu secara manual membutuhkan waktu ekstra. Pengecekan yang berkala ini juga disebabkan karena belum adanya sistem pembalik telur secara otomatis.
- Untuk melengkapi kebutuhan para peternak khususnya peternak hewan unggas, dengan ini maka peneliti akan melakukan perancangan alat dengan judul “Inkubator Penetas Telur Otomatis Berbasis Fuzzy Logic Control”. Dengan penggunaan alat ini diharapkan alat bisa menjaga kestabilan suhu disekitar telur agar para peternak dapat menetas anak ayam yang normal, dengan sistem pembalik telur otomatis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Fuzzy Logic Control

Fuzzy Logic Control merupakan sebuah sistem yang diaplikasikan secara khusus dalam bidang kendali yang berfungsi mengontrol atau mengendalikan suatu sistem. Fuzzy Logic Control dapat mempresentasikan, memanipulasi, dan menerapkan pengetahuan tentang bagaimana mengendalikan suatu sistem dengan baik. Fuzzy Logic Control dapat dikembangkan untuk mengatasi konsep nilai yang terdapat diantara kebenaran dan kesalahan yang terdapat pada sistem kendali. Dengan menggunakan Fuzzy Logic Control selain dapat mengontrol dan mengendalikan juga dapat menghasilkan seluruh kemungkinan di antara 1 dan 0.

Salah satu metode Fuzzy Logic Control yang banyak diketahui yaitu salah satunya Metode Mamdani yang sering dikenal dengan sebutan Metode Maximal-Minimal. Dalam metode Mamdani ini diperlukan 4 tahapan untuk mendapatkan sebuah output. Berikut adalah 4 tahapan metode Mamdani untuk mendapatkan output :

1. Himpunan fuzzy Logic Control pada metode Mamdani, setiap variabel terdapat variabel input maupun output menjadi variabel linguistic, dan setiap variabel input dan output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.
2. Fungsi yang digunakan dalam pengaplikasian Pada Metode Mamdani, langkah pertama yaitu dengan memperoleh variabel input dan output, setelah itu menentukan aplikasi fungsi pada aplikasi, dan terakhir Min digunakan untuk fungsi implikasi.
3. Metode Max, digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy setelah menentukan komposisi tiap-tiap aturannya.
4. Input dari sebuah proses defuzzy adalah suatu himpunan fuzzy, dan output yang dihasilkan pada suatu bilangan adalah domain himpunan fuzzy tersebut. Metode dari defuzzifikasi adalah metode centroid. Metode centroid merupakan salah satu metode yang banyak diusulkan dan banyak digunakan.

Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah papan elektronik yang

berfungsi untuk membuat program dengan berbagai komponen elektronika. Arduino UNO dapat juga dikatakan sebagai sebuah platform yang bersifat open source. Arduino UNO merupakan sebuah kombinasi antara hardware, Bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) dengan teknologi yang canggih. IDE merupakan sebuah software yang berperan untuk membuat sebuah program, kemudian meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memori mikrokontroler.

Lampu Pijar

Lampu pijar merupakan suatu sumber cahaya buatan dengan perangkat yang dapat menghasilkan cahaya dengan memanaskan kawat filament sampai suhu tinggi dan menciptakan cahaya. Lampu pijar disuplai dengan arus listrik dengan feed melalui terminal atau kawat yang melekat pada kaca. Lampu pijar merupakan lampu pertama yang dapat menghasilkan cahaya, Cahaya yang diproduksi dengan berbagai ukuran tegangan mulai dari 1,5 V hingga 300 V. Lampu pijar banyak digunakan karena selain memiliki harga yang murah dan efisien karena tidak perlu menambahkan perangkat lain.

AC Light Dimmer Module

AC Dimmer dapat mengontrol dan memberikan tegangan AC ke perangkat apapun. AC Light Dimmer module adalah sebuah modul dimmer buatan RobotDyn yang sinyal PWN-nya dapat dikontrol dengan mikrokontroler seperti Arduino UNO. Terdapat fitur pin zero crossing detector dalam modul dimmer. Adanya fitur pin zero crossing detector ini menyebabkan mikrokontroler dapat mengetahui waktu yang pas dalam pengiriman sinyal PWM. Tanpa timing yang tidak tepat menyebabkan arus AC yang kacau dan TRIAC akan menghasilkan sinyal output yang kacau bila dihubungkan dengan PWM dan dapat menyebabkan dimmer tidak berfungsi dengan semestinya.

Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah sebuah sensor yang dapat mendeteksi suhu dan kelembapan. Sensor DHT11 memiliki keluaran sinyal analog yang dapat mendeteksi kondisi suhu disekitar sensor secara otomatis. Sensor DHT11 termasuk sensor dengan teknologi yang canggih dilengkapi dengan pengukuran suhu resistif dan pengukuran

suhu NTC yang sangat baik serta dapat terhubung dengan mikrokontroler.

Kipas DC

Kipas DC adalah sebuah perangkat elektronik dengan sumber tegangan sebesar 12 V yang berfungsi untuk menghasilkan angin. Kelebihan dari perangkat ini adalah selain harganya yang terjangkau murah dan dapat didapatkan dengan mudah juga memiliki bentuk yang praktis sehingga sangat cocok ditempatkan pada perangkat lain guna memperlancar sirkulasi udara, dan kipas DC ini tidak menghasilkan suara yang mengganggu.

Motor Stepper

Motor Stepper adalah motor listrik DC tanpa sikat yang berputar berdasarkan langkah step, dengan mengkonversikan sebuah seri pulsa listrik menjadi pergerakan rotasi. Motor Stepper tidak akan menghasilkan pergerakan secara kontinu dari sebuah masukan tegangan yang kontinu, dan akan tetap berada pada posisi tertentu selama power masih dalam kondisi on. Motor Stepper yang dapat dikendalikan dengan sinyal listrik diskrit. Setiap sinyal akan merotasi motor stepper dengan sudut yang akurat. Motor Stepper mempunyai beberapa ketepatan sudut yang berbeda.

Inkubator Penetas Telur

Pembuatan alat inkubator penetas telur tentunya perlu memperhatikan beberapa faktor yang sangat berpengaruh pada perkembangan telur saat berada di dalam alat inkubator. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

- 1.Suhu dan perkembangan embrio. Embrio dalam telur unggas akan cepat berkembang selama suhu telur berada pada kondisi yang sesuai dan akan berhenti berkembang jika suhunya kurang dari yang dibutuhkan.

- 2.Kelembapan. Selama penetasan berlangsung, diperlukan kelembapan udara yang sesuai dengan perkembangan dan pertumbuhan embrio, seperti suhu dan kelembapan yang umum untuk penetasan telur setiap jenis unggas juga berbeda-beda. Bahkan, kelembapan pada awal penetasan berbeda dengan hari selanjutnya. Kelembapan untuk telur pada saat awal penetasan sekitar 52%-55% dan menjelang menetas sekitar 60%- 70%, itik pada minggu pertama 70% dan minggu selanjutnya 60%-65%.

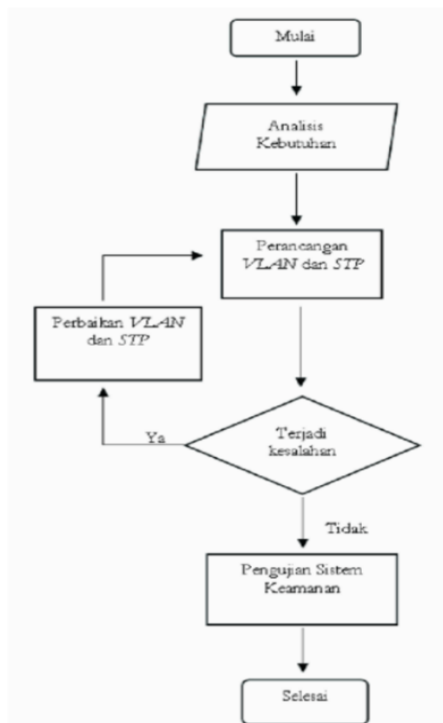
- 3.Ventilasi. Dalam perkembangan normal,

embrio membutuhkan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida melalui pori-pori kerabang telur. Untuk itu, dalam pembuatan alat penetas telur tetap harus diperhatikan akan oksigen yang ada didalam alat tersebut agar embrio bisa berkembang dengan normal.

4. Pemutaran telur. Rak pemutaran telur berguna mencegah bibit ayam yang menempel pada kulit telur yang akan menyebabkan kecacatan pada ayam saat menetas.

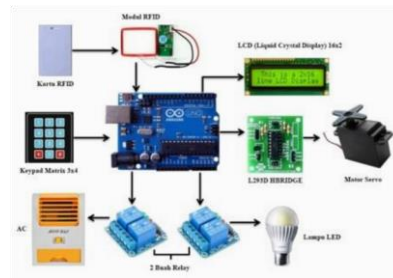
III. METODOLOGI

Prosedur Penelitian Rancangan penelitian ini dapat dilihat pada gambar diagram alir di bawah ini :



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian (Sumber : Data Primer, 2022) **Perancangan Hardware**

Perancangan hardware dalam penelitian ini terbagi menjadi lima blok dengan menggunakan dua mikrokontroller Arduino uno. Arduino I digunakan untuk blok sensor DHT11, blok driver lampu, blok driver kipas, dan blok LCD 16X2. Arduino Uno II digunakan untuk blok driver motor. Berikut ini adalah gambar perancangan hardware penelitian.

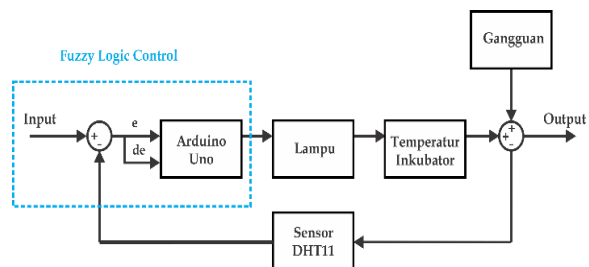


Gambar 5. Perancangan Hardware (Sumber : Data Primer, 2022)

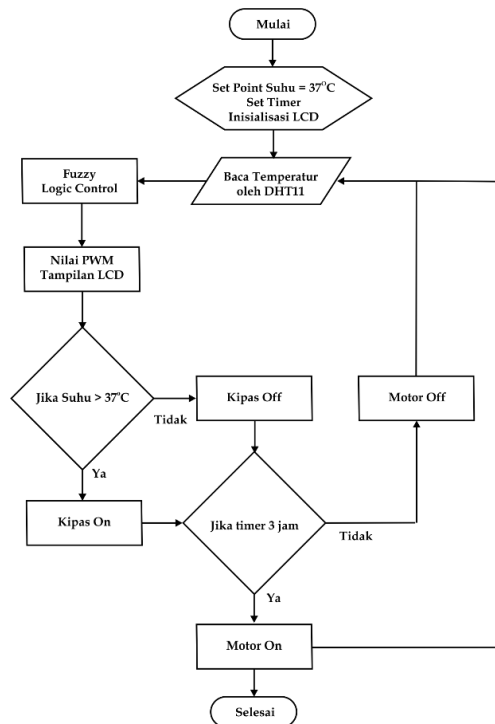
Perancangan Software

Dimulai dengan memasukkan setpoint temperatur, timer pemutaran rak, dan inisialisasi LCD. Berikutnya adalah pembacaan temperatur plant oleh sensor DHT11 dan kemudian akan diteruskan ke mikrokontroller yang terprogram menggunakan fuzzy logic control. Output dari mikrokontroller berupa nilai PWM yang akan menciptakan dua kondisi. Pertama, jika suhu terbaca lebih dari 37°C maka kipas akan aktif berputar. Kedua, jika durasi waktu telah mencapai 3 jam maka motor yang menggerakkan rak akan aktif berputar.

Berikut adalah diagram blok dan flowchart dalam penelitian ini :



Gambar 6. Diagram Blok Sistem (Sumber : Data Primer, 2022)

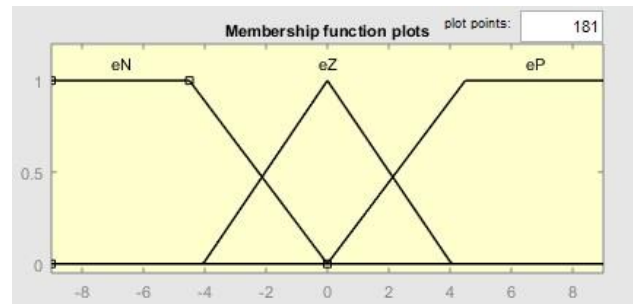


Gambar 7. Flowchart Program (Sumber : Data Primer, 2022)

Perancangan Sistem Kendali

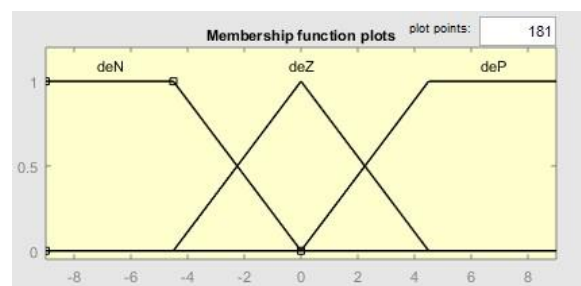
Sistem kendali yang digunakan adalah *fuzzy logic control* metode mamdani. *Input fuzzy* yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu *error* dan *delta error*, dengan *range maximum* -9 sampai 9. *Range maximum* ini diperoleh dengan mengasumsikan nilai suhu *plant* tanpa *heater* adalah 29°C dan nilai *setpoint* yang digunakan adalah 37°C. Himpunan *fuzzy* yang digunakan untuk *input* dibatasi hanya tiga label yaitu *Negative* (N), *Zero* (Z), *Positive* (P). Dan untuk *output* juga hanya dibatasi tiga label yaitu Terang (T), Sedang (S), Redup (R), seperti pada Tabel 2. Dan menggunakan metode *Centroid* sebagai metode dalam defuzzifikasi.

Berikut ini adalah desain *membership function*



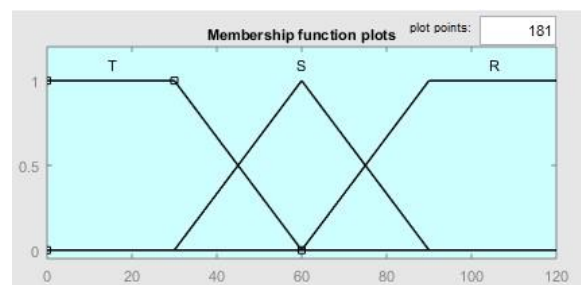
Gambar 8. *Membership function input error*

(Sumber : Data Primer, 2022)



Gambar 9. *Membership function input delta error*

(Sumber : Data Primer, 2022)



Gambar 10. *Membership function output*

(Sumber : Data Primer, 2022)

Pengujian Sistem

Pengujian sistem dibedakan menjadi dua tahap yaitu pengujian rancangan alat dan pengujian respon sistem. Dalam pengujian rancangan alat terdapat lima blok yaitu blok sensor DHT11, blok lampu, blok kipas, blok motor, dan blok LCD. Dalam pengujian respon sistem terdapat dua poin yaitu pengujian respon sistem tanpa controller dan pengujian respon sistem dengan controller yaitu *fuzzy logic control* dengan lampu

15 W dan yaitu pengujian respon *sistem fuzzy logic control* dengan lampu 25 W.

Analisis Sistem

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data respon sistem yang menggunakan dua lampu dengan daya yang berbeda yaitu 15 W dan 25 W. Analisis bertujuan untuk membandingkan data respon sistem antara kedua daya lampu, dengan melakukan pengambilan data respon sistem tanpa kontroller dan dengan kontroller antara kedua daya lampu.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Rancangan Rangkaian *Hardware*

1. Rangkaian Catu Daya

Catu daya yang berfungsi sebagai sumber tegangan dalam skripsi ini memiliki *input* tegangan AC sebesar 220 V, yang kemudian akan diturunkan menjadi dua *output*. *Output* pertama sebesar 9 V digunakan sebagai sumber tegangan Arduino, *output* kedua sebesar 12 V digunakan sebagai sumber tegangan kipas DC dan motor *stepper*.

2. Rangkaian Sensor DHT11

Agar dapat melihat tingkat akurasi sensor DHT11 dengan pasti,

sensor DHT11 dengan thermometer digital.

No	Waktu	DHT11 (°C)	Termometer (°C)	Error (%)
1	Pagi	28	26,9	4.09
2	Siang	28	27,3	2.56
3	Malam	27	26,8	0.75
Ratarata				2.47

Tabel 1. Hasil Uji Sensor DHT11

(Sumber : Data Primer, 2022)

3. Rangkaian *Heater*

Heater dalam skripsi ini menggunakan lampu bohlam yang memiliki nilai daya 15 W dan 25 W dan terhubung dengan rangkaian *dimmer*. Dalam rangkaian *dimmer* terdapat komponen yang saling terhubung dan berfungsi sebagai saklar, yaitu *optocoupler* dan *mosfet*. Kaki *optocoupler* dihubungkan dengan *gate*

mosfet. Sehingga apabila terdapat arus yang mengalir ke *optocoupler*, Akan mengakibatkan *gate mosfet* berlogika 1 dan lampu dalam kondisi *on*. Sebaliknya jika tidak ada arus yang mengalir ke *optocoupler*, maka *gate mosfet* akan berlogika 0 dan lampu dalam kondisi *off*.

4. Rangkaian Kipas

Rangkaian kipas dalam skripsi ini berfungsi sebagai sirkulasi udara dalam *plant* dengan mengaktifkan kipas DC secara otomatis, yang telah terhubung dengan komponen *relay* 5 V, ketika temperatur melebihi 38°C. Prinsip kerja dari rangkaian ini adalah ketika komponen *relay* 5 V mendapat *input* dari *pin* arduino, maka *relay* 5 V yang semula dalam kondisi *normally open* akan menjadi *normally close*, mengakibatkan adanya arus yang mengalir ke komponen kipas DC.

5. Rangkaian Motor Pemutar Rak

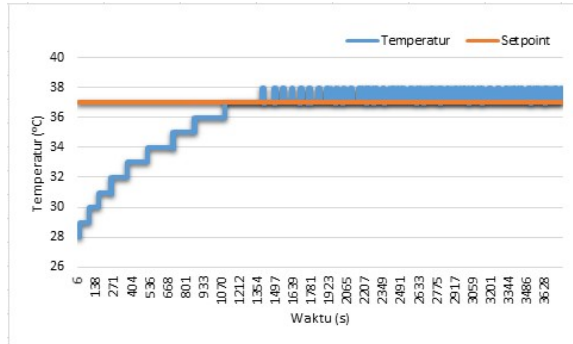
Rangkaian ini menggunakan motor *stepper* yang dihubungkan dengan modul L298N H-Bridge IC. Modul L298N H-Bridge IC berfungsi untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor *stepper*.

Motor *stepper* memiliki 2 fase yang terdiri dari 4 bagian yaitu A+, A-, B+, dan B-. Setiap bagian ini akan dihubungkan dengan 4 *pin out* yang terdapat pada modul L298N H-Bridge IC. *Pin out* 1 dihubungkan dengan bagian A+, *pin out* 2 dihubungkan dengan bagian A-, *pin out* 3 dihubungkan dengan bagian B+, dan *pin out* 4 dihubungkan dengan bagian B-. Karena motor *stepper* dikontrol dengan menggunakan sinyal pulsa listrik diskrit, maka motor *stepper* tidak berputar secara terus-menerus, melainkan berdasar pulsa listrik yang diterima. Pulsa listrik ini akan mengisi fase yang pertama dengan muatan dan menciptakan medan magnet untuk masing-masing kumparan fase pertama, yang membuat magnet gigi stator di depan kumparan bermuatan. Keempat kumparan tersebut menarik gigi rotor yang bermuatan berlawanan sementara mendorong mundur gigi rotor yang bermuatan sama. Hal ini menciptakan efek *pushing and pulling* yang meningkatkan torsi motor dan membuat rotor berputar. Dalam skripsi ini, motor *stepper* akan berputar secara otomatis setiap 3 jam.

Pengujian Kontroller

1. Lampu 15 W Tanpa Kontroller

Respon pengujian lampu 15 W tanpa kontroller dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 11. Grafik Respon Sistem Lampu 15 W Tanpa Kontroller

(Sumber : Data Primer, 2022)

Gambar 11 menunjukkan respon temperatur yang kerap melebihi *setpoint* yang ditentukan yaitu 37°C.

Berikut parameter-parameter yang ditentukan dalam sistem.

$$c_t = (0,632 * Y_{ss}) + (Y_{ss} - Suh_u \text{ Terendah})$$

$$= (0,632 * 37,3) + (37,3 - 28) = 32,874^\circ\text{C}$$

$$t = 373 \text{ s}$$

$$td = t_{n2} = 373 \text{ s} \quad t_{n2} = 258,5 \text{ s} \quad (2)$$

$$r(5\% - 95\%) = t_{n19} = 373 \text{ s} \quad t_{n19} = 1098,3 \text{ s} \quad (3)$$

$$(10\% - 90\%) = t_{n9} = 373 \text{ s} \quad t_{n9} = 819,6 \text{ s} \quad (4)$$

$$(5\%) = 3t = 1119 \text{ s} \quad (5)$$

$$(2\%) = 4t = 1492 \text{ s} \quad (6)$$

$$(0,5\%) = 5t = 1865 \text{ s} \quad (7)$$

$$E = \frac{Y_{ss} - X_{ss}}{Y_{ss}} = \frac{37,3 - 37}{37,3} = 0,0081 = 0,81\%$$

Keterangan :

C_t = Temperatur saat 63,2%

steady state (°C) t = Waktu

yang diperlukan oleh C_t (s)

td = Waktu

tunda (s) tr =

Waktu naik (s) ts

= Waktu tunak (s)

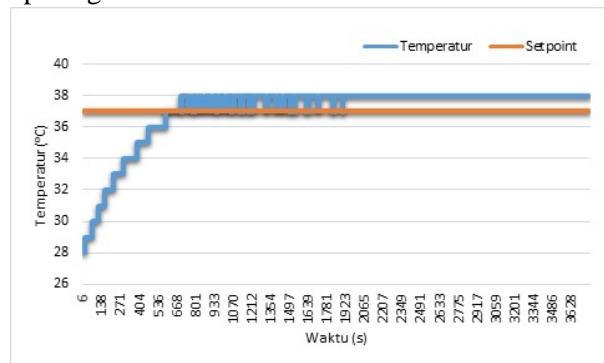
Ess = Error Steady State (%)

Y_{ss} = Rata-rata temperatur saat *steady state* (°C) X_{ss} =

Setpoint temperatur (°C)

2. Lampu 25 W Tanpa Kontroller

Respon pengujian lampu 25 W tanpa kontroller dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 12. Grafik Respon Sistem Lampu 25 W Tanpa Kontroller

(Sumber : Data Primer, 2022)

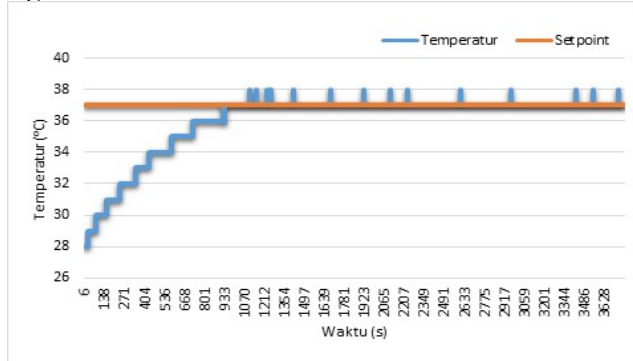
Gambar 12 menunjukkan respon yang kerap melebihi *setpoint*. Bahkan saat sudah melebihi detik ke 2000, temperatur tidak dapat kembali turun kembali ke *setpoint* yang telah ditentukan.

Berikut parameter-parameter yang ditentukan dalam sistem sesuai dengan persamaan 1,2,3,4,5,6,7,8. Diketahui nilai $C_t = 33,83^\circ\text{C}$ dengan $t = 293 \text{ s}$; $td = 203,1 \text{ s}$; $tr(5\%-95\%) = 862,7 \text{ s}$; $tr(10\%-90\%) = 643,8 \text{ s}$; $ts(5\%) = 879 \text{ s}$; $ts(2\%) = 1172 \text{ s}$; $ts(0,5\%) = 1465 \text{ s}$; $Ess = 2,4\%$.

3. Lampu 15W Dengan Kontroller

Respon pengujian lampu 15 W dengan kontroller dapat dilihat

pada gambar berikut ini :



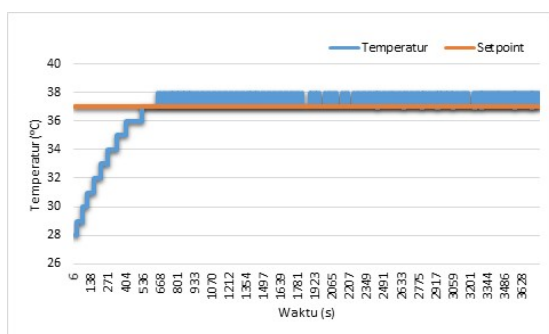
Gambar 13. Grafik Respon Sistem Lampu 15 W Dengan Kontroller
(Sumber : Data Primer, 2022)

Gambar 13 menunjukkan respon temperatur yang lebih baik dibandingkan saat tanpa kontroller. Peristiwa temperatur yang melebihi *setpoint* dapat diminimalisir.

Berikut parameter-parameter yang ditentukan dalam sistem sesuai dengan persamaan 1,2,3,4,5,6,7,8. Diketahui nilai $Ct = 32,39^{\circ}\text{C}$ dengan $t = 346\text{ s}$; $td = 239,289\text{ s}$; $tr(5\%-95\%) = 1018,776\text{ s}$; $tr(10\%-90\%) = 760,24\text{ s}$; $ts(5\%) = 1038\text{ s}$; $ts(2\%) = 1386\text{ s}$; $ts(0,5\%) = 1730\text{ s}$; $Ess = 0,01\%$.

4. Lampu 25 W Dengan Kontroller

Respon pengujian lampu 25 W dengan kontroller dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 14. Grafik Respon Sistem Lampu 25 W Dengan Kontroller
(Sumber : Data Primer, 2022)

Gambar 14 menunjukkan respon yang lebih baik dibandingkan saat tanpa kontroller. Dapat menurunkan suhu

menjadi sebesar *setpoint*.

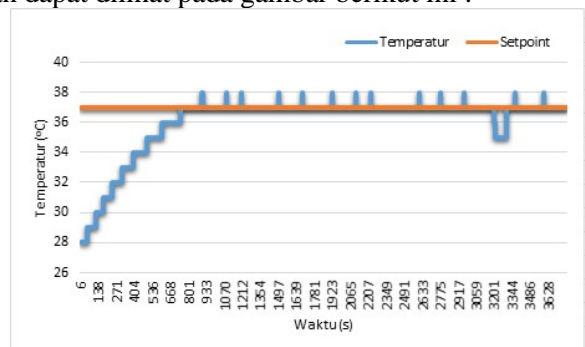
Berikut parameter-parameter yang ditentukan dalam sistem sesuai dengan persamaan 1,2,3,4,5,6,7,8. Diketahui nilai $Ct = 32,483^{\circ}\text{C}$ dengan $t = 212\text{ s}$; $td = 146,947\text{ s}$; $tr(5\%-95\%) = 624,221\text{ s}$; $tr(10\%-90\%) = 465,812\text{ s}$; $ts(5\%) = 636\text{ s}$; $ts(2\%) =$

848 s ; $ts(0,5\%) =$

1060 s ; $Ess = 0,164\%$.

5. Lampu 15 W Dengan Beban

Respon pengujian lampu 15 W dengan beban dapat dilihat pada gambar berikut ini :



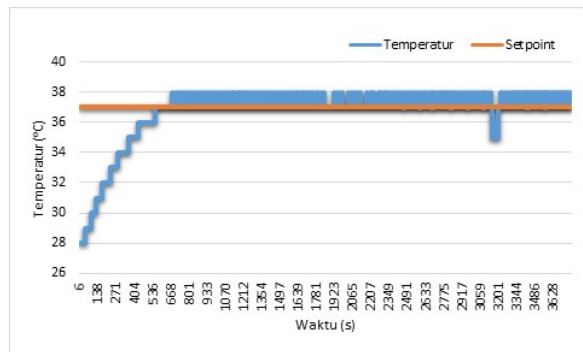
Gambar 14. Grafik Respon Sistem Lampu 15 W Dengan Beban

(Sumber : Data Primer, 2022)

Pengujian sistem dengan lampu 15 W dengan beban dilakukan dengan cara membuka pintu inkubator selama dua menit. Dengan terbukanya pintu inkubator, maka akan mengakibatkan bercampurnya temperatur yang berasal dari luar inkubator dan dapat menurunkan nilai temperatur dalam inkubator yang semula steady state dengan temperatur 37°C menjadi 35°C . Setelah dua menit selesai, kemudian inkubator pintu inkubator ditutup kembali. Dan setelah sekitar empat menit, respon kembali berada pada daerah *steady state*.

6. Lampu 25 W Dengan Beban

Respon pengujian lampu 25 W dengan beban dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 15. Grafik Respon Sistem Lampu 25 W Dengan Beban
(Sumber : Data Primer, 2022)

Pengujian sistem dengan lampu 25 W dengan beban dilakukan dengan cara yang sama dengan lampu 15 W yaitu membuka pintu inkubator selama dua menit. Setelah dua menit selesai, penurunan nilai temperatur yang terlihat adalah hanya sampai pada 35°C. Dan setelah pintu ditutup kembali, waktu yang diperlukan untuk mencapai nilai *steady state* adalah sekitar empat menit.

7. Perbandingan Hasil Pengujian

Perbandingan respon data *Fuzzy Logic Control* dan *PID Controller* dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil Uji Sensor DHT11
(Sumber : Data Primer, 2021)

Parameter	FLC		PID	
	15W	25W	15W	25W
$Y_{ss}(^{\circ}\text{C})$	37,004	37,061	37	37,3
$E_{ss}(\%)$	0,01	0,164	0	0,81

Tabel diatas menunjukkan nilai respon data yang sama-sama baik antara FLC dan PID dengan daya lampu 15 W. Namun untuk lampu dengan daya 25 W, FLC menunjukkan data yang lebih baik dibandingkan dengan PID, yaitu dihasilkan $E_{ss} = 0,164\%$ untuk FLC, dan 0,81% untuk PID.

V. PENUTUP

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

Alat inkubator penetas telur otomatis berbasis *Fuzzy Logic Control* telah berhasil didesain menggunakan sensor DHT11 sebagai pendeteksi temperatur di dalam

inkubator, arduino uno sebagai mikrokontroler, lampu sebagai *heater*, motor *stepper* sebagai pembalik telur, dan kipas DC 12 V yang digunakan sebagai sistem sirkulasi udara dalam inkubator.

Respon hasil pengujian sistem pengendalian temperatur menggunakan *Fuzzy Logic Control* dan *PID Controller* menunjukkan respon yang baik antara keduanya. Pada FLC dengan daya *heater* 15 W menghasilkan $E_{ss}=0,01\%$ dan daya *heater* 25 W menghasilkan $E_{ss}=0,164\%$. Sedangkan pada PID dengan daya *heater* 15 W menghasilkan $E_{ss}=0\%$ dan daya *heater* 25 W menghasilkan $E_{ss}=0,81\%$ (Tabel 2).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hariputra, Akbar. Wanarti, Puput. 2017. "Perancangan kontroler pifuzzy untuk pengendalian level fluida pada coupled tank" Jurnal Teknik Elektro vol.6
- [2] Kusumadewi, Sri & Purnomo, Hari. 2004. Aplikasi Logika fuzzy untuk pendukung keputusan. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [3] Nugroho, Ichsan Dwi. 2012. "Alat pengatur lampu dan pembalik telur otomatis pada bok penetas telur berbasis mikrokontroler atmega 16 dilengkapi interruptible power supply" Jurnal Teknik.
- [4] Shafiudin, Sofyan. 2017. "Sistem monitoring dan pengendalian temperatur pada inkubator penetas telur berbasis pid" Jurnal Teknik. D. Sarunygate, Ed., Lasers. New York: McGraw-Hill, 1996.
- [5] Web : Fecegypt. 2014. Arduino uno-octopart..com/A000066-Arduinodatasheet-38879526.pdf, diakses 01 Januari 2019)
- [6] Web: Micro4you. 2010. DHT11 Humidity & Temperatur Sensor. (<https://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf>, diakses 01 Januari 2019)
- [7] Web : NI. 2014. Stepper motors and encoder. (www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-311, diakses 01 Januari 2019)
- [8] Web : Robotdyn. 2018. AC Light Dimmer Module. (<https://robotdyn.com/ac-light-dimmer-module-1-channel-3-3v-5v-logic-ac-50-60hz-220v110v.html>, diakses 01 Januari 2019)