

SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR PADA INKUBATOR PENETAS TELUR OTOMATIS BERBASIS FUZZY LOGIC CONTROL

Rahmad Hidayat

S 1 Teknik Elektro , Fakultas Teknik , Universitas Negeri surabaya
email : rahmadhidayat1@mhs.unesa.ac.id

Puput Wanarti Rusimanto

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
email: puputwanarti@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi pada era modern seperti sekarang memang sangat berdampak pada kehidupan bermasyarakat. Salah satu contohnya adalah terciptanya alat penetas telur dalam bidang peternakan. Namun, alat penetas telur yang tercipta masih menggunakan konsep konvensional dengan beberapa kelemahan, diantaranya masih menggunakan sistem *on/off* pada *heater*, tingkat presisi temperatur yang diperlukan telur untuk menetas masih rendah, dan diperlukannya jadwal manual untuk pembalikan telur. Dari beberapa kelemahan inilah peneliti bermaksud membuat penelitian yang berjudul “Sistem Pengendalian Temperatur pada Inkubator Penetas Telur Otomatis Berbasis *Fuzzy Logic Control*”. Kontroler utama dalam penelitian ini menggunakan Arduino uno yang telah terprogram dengan *Fuzzy Logic Control* kemudian disambungkan dengan aktuator sensor DHT11 untuk mendeteksi nilai temperatur dan kelembapan. Aktuator *heater* sebagai pengatur tingkat kepanasan dalam inkubator sesuai dengan nilai temperatur yang terdeteksi oleh sensor DHT11. Dan aktuator motor *stepper* sebagai sistem pembalik telur otomatis setiap tiga jam. Pengaplikasian *Fuzzy Logic Control* dalam penelitian ini menghasilkan respon yang stabil sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Pada daya *heater* 15 W menghasilkan $E_{ss}=0,01\%$ dan daya *heater* 25 W menghasilkan $E_{ss}=0,164\%$.

Kata Kunci: Inkubator Penetas Telur, Fuzzy Logic Control, Arduino Uno, DHT11

Abstract

Technological developments in modern times as now have really a profound impact on social life. One example is the creation of an egg incubator in the field of animal husbandry. However, the egg incubator is still uses conventional concepts with come weaknesses, including still using the *on/off* system on the heater, the level of temperature precision required for hatching is still low, and the need for manual schedules for egg reversal. From these weaknesses, the researcher intends to make a study entitled “Temperature Controlling System on Automatic Egg Incubator Based on *Fuzzy Logic Control*”. The main controller in this research is using an Arduino uno which has been programmed with Fuzzy Logic Control and then connected with a DHT11 sensor to detect temperature and humidity values. The heater actuator in this research as a regulator of the heat level in the incubator according to the temperature value detected by DHT11 sensor. And the stepper motor as an automatic egg actuator inverting systems every three hours. The application of Fuzzy Logic Control in this research produces a stable response in accordance with the predetermined *setpoint*. On the heater with 15 W of power produce $E_{ss} = 0\%$ and on the heater with 25 W of power produce $E_{ss} = 0,2\%$.

Keywords: Egg Incubator, Fuzzy Logic Control, Arduino Uno, DHT11

PENDAHULUAN

Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, tentu akan semakin memberikan pengaruh besar dalam kehidupan bermasyarakat terutama dalam bidang teknologi. Semisal pekerjaan peternak unggas yang membutuhkan waktu beberapa hari untuk menghasilkan bibit unggas, selain itu juga tiap induk unggas memiliki batasan jumlah telur dalam menghasilkan telur dan menetas telur.

Pada dasarnya, penetasan telur ayam memerlukan suhu sebesar 37°C, dibawah atau diatas suhu ini perkembangan embrio pada telur tidak akan normal sehingga bisa memungkinkan telur akan menetas anak ayam yang cacat. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut peneliti bermaksud untuk membuat sebuah alat penetas telur yang bisa memudahkan pekerjaan para peternak unggas semisal unggas ayam. Sebuah alat yang bisa menyesuaikan tingkat suhu sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar, agar suhu pada alat bisa sesuai dengan

yang dibutuhkan telur ayam untuk menetas anak ayam dengan normal (Shafiudin, 2017).

Dewasa ini, telah diketahui bahwa sudah banyak beredar alat penetas telur, namun sayangnya masih konvensional dan belum otomatis. Penggunaan metode yang konvensional tentu memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah: 1) masih menggunakan cara kerja sistem yang bersifat *on/off* pada lampu yang digunakan sebagai sumber panas atau penentu tingkat suhu; 2) masih belum bisa mencapai kata presisi untuk tingkat pemancaran panas yang diperlukan oleh telur; 3) dan tentunya memerlukan ketepatan jadwal yang lebih ekstra dalam menyalakan atau menonaktifkan lampu jika dibandingkan dengan alat penetas telur otomatis. Pegecekan yang berkala ini juga disebabkan karena belum adanya sistem pemutar atau pembalik telur secara otomatis. Seperti pada penelitian sebelumnya yang berjudul “Sistem Monitoring dan Pengontrolan Temperatur pada Inkubator Penetas Telur Berbasis PID” oleh Sofyan Shafiudin. Yang masih belum memiliki sistem pembalik telur otomatis. Dan seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Yudhi Gunardi, penelitian oleh Anies Hannawati, dan pembuatan inkubator oleh masyarakat umum yang masih menerapkan sistem *on/off*. PID adalah singkatan dari *Proportional-Integral-Derivative*, merupakan salah satu jenis controller yang bisa digunakan untuk mengontrol temperatur.

Untuk melengkapi kekurangan-kekurangan penggunaan alat penetas telur konvensional seperti yang disebutkan diatas, peneliti akan melakukan penelitian dan perancangan alat dengan judul “Sistem Pengendalian Temperatur Pada Inkubator Penetas Telur Otomatis Berbasis *Fuzzy Logic Control*”. Dengan penggunaan *Fuzzy Logic Control* ini diharapkan alat bisa menjaga kestabilan suhu disekitar telur agar tetap sesuai dengan suhu yang diinginkan yaitu 37°C secara otomatis. Dilengkapi dengan sistem pembalik telur otomatis.

KAJIAN PUSTAKA

Fuzzy Logic Control

Fuzzy Logic Control adalah sebuah sistem *fuzzy* yang diaplikasikan secara khusus dalam bidang kendali. Dalam *Fuzzy Logic Control* menyediakan metodologi yang formal untuk mempresentasikan, memanipulasi, dan menerapkan pengetahuan heuristik manusia tentang bagaimana mengendalikan suatu sistem (Hariputra dkk, 2017).

Fuzzy Logic Control merupakan teori himpunan logika yang dikembangkan untuk mengatasi konsep nilai yang terdapat di antara kebenaran dan kesalahan. Dengan menggunakan *Fuzzy Logic Control*, nilai yang dihasilkan bukan hanya YA (1) dan TIDAK (0), melainkan seluruh kemungkinan di antara 1 dan 0.

Metode Mamdani sering dikenal dengan sebutan Metode *Max-Min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output diperlukan 4 tahapan (Kusumadewi dkk, 2004).

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*
Pada metode Mamdani baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*, dan di setiap variabel input maupun output terdapat variabel linguistik.
2. Aplikasi fungsi implikasi
Pada Metode Mamdani, setelah diperoleh variabel input dan output, langkah selanjutnya adalah menentukan aplikasi fungsi implikasi, fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*.
3. Komposisi aturan
Setelah diperoleh hasil dari fungsi implikasi langkah selanjutnya adalah menentukan komposisi tiap-tiap aturan dan metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu Metode *Max (maximum)*.
4. Penegasan (*defuzzy*)
Input dari proses *defuzzy* adalah suatu himpunan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Salah satu metode dari defuzzifikasi adalah metode *centroid*. Metode *centroid* dapat disebut *Center of Area (Center of Gravity)* adalah metode yang paling banyak diusulkan oleh banyak peneliti untuk digunakan.

Arduino Uno

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino bukan sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi merupakan kombinasi antara *hardware*, Bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler.



Gambar 1. Arduino Uno

(Sumber: <https://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>)

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno
(Sumber : Datasheet Arduino Uno)

Spesifikasi	Nilai
Tegangan operasi	5V
Tegangan input	7V - 12V
Digital I/O pin	14 buah
Analog Input pin	6 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB, 0.5 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	68.66 mm x 53.4 mm
Berat	25 g

Lampu Pijar

Lampu pijar adalah adalah suatu perangkat yang menghasilkan cahaya dengan memanaskan kawat *filament* sampai suhu tinggi dan menciptakan cahaya. Bola lampu disuplai dengan arus listrik dengan *feed* melalui terminal atau kawat yang melekat pada kaca. Lampu pijar yang diproduksi dengan berbagai ukuran tegangan mulai dari 1,5 V hingga 300 V. Lampu pijar banyak digunakan karena memiliki harga yang murah dan efisien karena tidak memerlukan peralatan eksternal lain.

AC Light Dimmer Module

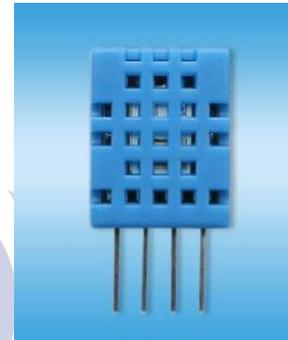
AC Light Dimmer module merupakan modul *dimmer* buatan RobotDyn yang dapat dikontrol oleh mikrokontroler seperti Arduino, Raspberry Pi dan sebagainya. Dalam modul *dimmer* ini terdapat fitur pin *zero crossing detector*. Adanya fitur ini menyebabkan mikrokontroler dapat mengetahui waktu yang pas dalam pengiriman sinyal PWM. *Timing* yang tidak tepat mengakibatkan arus AC dengan TRIAC akan menghasilkan sinyal *output* yang kacau bila dihubungkan dengan PWM dan dapat menyebabkan *dimmer* tidak berfungsi dengan semestinya.



Gambar 2. AC Light Dimmer Module
(Sumber: robotdyn.com/ac-light-dimmer-module-1-channel-3-3v-5v-logic-ac-50-60hz-220v-110v)

DHT11

DHT 11 adalah sebuah sensor pendeteksi suhu dan kelembapan. Sensor ini memiliki keluaran sinyal digital yang telah otomatis disesuaikan dengan kondisi suhu dan kelembapan yang berada disekitar sensor. DHT11 termasuk sensor yang canggih dengan teknologi pengukuran suhu resistif dan pengukuran suhu NTC yang sangat handal serta terhubung dengan mikrokontroler 8 bit.



Gambar 3. Sensor DHT11
(Sumber:

<https://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf>)

Kipas DC

Kipas DC merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk menghasilkan angin dengan sumber tegangan yang digunakan adalah sebesar 12 V. Kelebihan dari perangkat ini adalah memiliki bentuk yang praktis sehingga sangat cocok ditempatkan pada perangkat lain guna memperlancar sirkulasi udara, selain itu kipas DC ini tidak menghasilkan suara yang berisik pada gerakan kipasnya.

Motor Stepper

Motor Stepper adalah motor listrik DC tanpa sikat yang berputar dengan ketepatan sudut, dengan mengkonversikan sebuah seri pulsa listrik menjadi pergerakan rotasi. Motor Stepper tidak akan menghasilkan pergerakan secara kontinu sebuah masukan tegangan yang kotinu, dan akan tetap berada pada posisi tertentu selama *power* masih dalam kondisi *on*. Motor Stepper dikendalikan dengan sinyal pulsa listrik diskrit. Setiap pulsa akan merotasi motor *stepper* dengan sudut yang tepat. Motor Stepper memiliki beberapa ketepatan sudut yang berbeda yaitu 0.45°, 0,9°, dan 1.8°.

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.

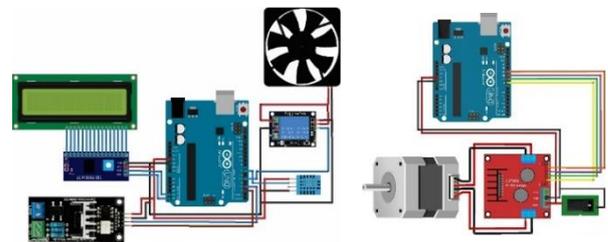
Dalam perkembangan normal, embrio membutuhkan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida melalui pori-pori kerabang telur. Untuk itu, dalam pembuatan alat penetas telur tetap harus diperhatikan akan oksigen yang ada didalam alat tersebut agar embrio bisa berkembang dengan normal.

4. Pemutaran telur.

Rak pemutaran telur berguna mencegah bibit ayam yang menempel pada kulit telur yang akan menyebabkan kecacatan pada ayam saat menetas. (Nugroho, 2012)

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, 2018)

Perancangan Software

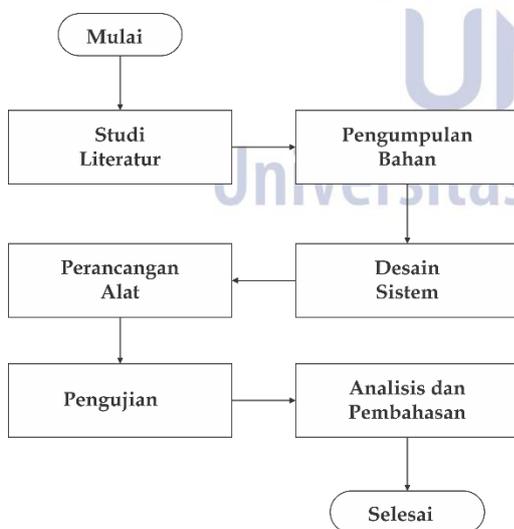
Dimulai dengan memasukkan *setpoint* temperatur, *timer* pemutaran rak, dan inialisasi LCD. Berikutnya adalah pembacaan temperatur *plant* oleh sensor DHT11 dan kemudian akan diteruskan ke mikrokontroller yang terprogram menggunakan *fuzzy logic control*. *Output* dari mikrokontroller berupa nilai PWM 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 :

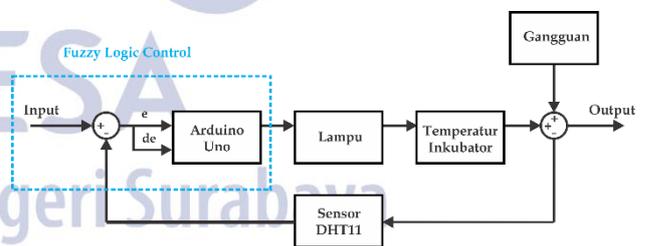
METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

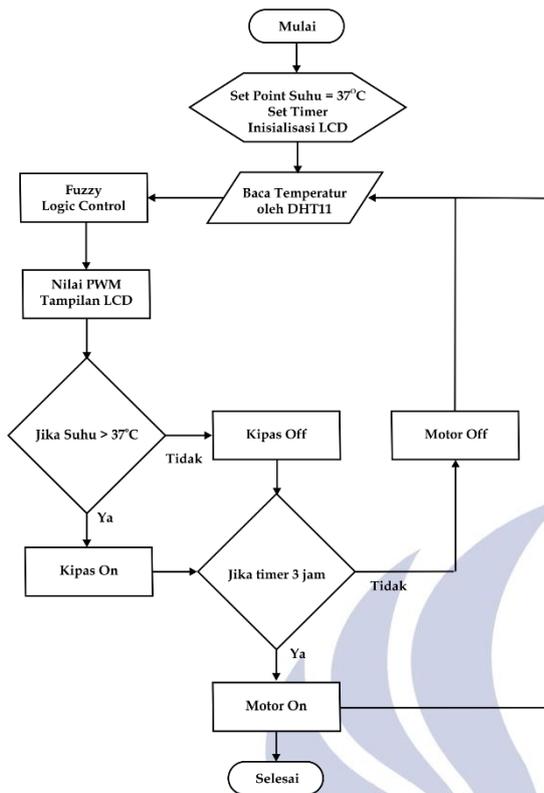
Rancangan penelitian ini dapat dilihat pada gambar diagram alir di bawah ini :



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian
(Sumber : Data Primer, 2018)



Gambar 6. Diagram Blok Sistem
(Sumber : Data Primer, 2018)

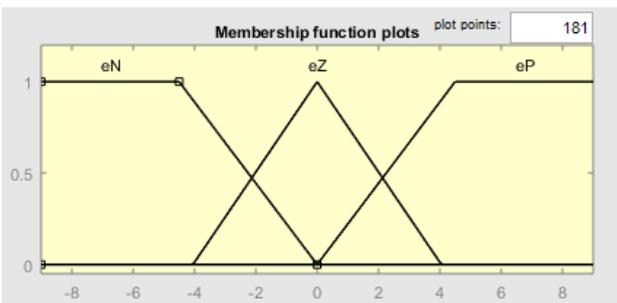


Gambar 7. Flowchart Program (Sumber : Data Primer, 2018)

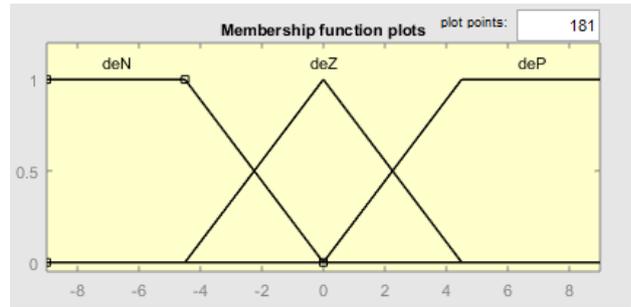
Perancangan Sistem Kendali

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 dibatasi tiga label yaitu Terang (T), Sedang (S), Redup (R), seperti pada Tabel 2. Dan menggunakan metode *Centroid* sebagai metode dalam defuzzifikasi.

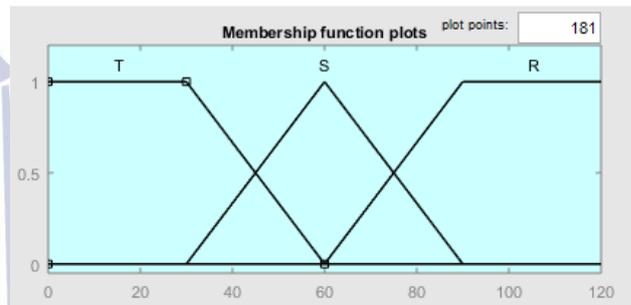
Berikut ini adalah desain *membership function* untuk *input* dan *output fuzzy*.



Gambar 8. Membership function input error (Sumber : Data Primer, 2018)



Gambar 9. Membership function input delta error (Sumber : Data Primer, 2018)



Gambar 10. Membership function output (Sumber : Data Primer, 2018)

Tabel 2. Aturan Dasar Fuzzy (Sumber : Data Primer, 2018)

de \ e	eN	eZ	eP
deN	R	R	S
deZ	R	S	T
deP	S	T	T

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 controller dan dengan controller antara kedua daya lampu.

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 akan dibandingkan dengan thermometer digital.

Tabel 3. Hasil Uji Sensor DHT11
(Sumber : Data Primer, 2018)

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
Rata-rata				2.47

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

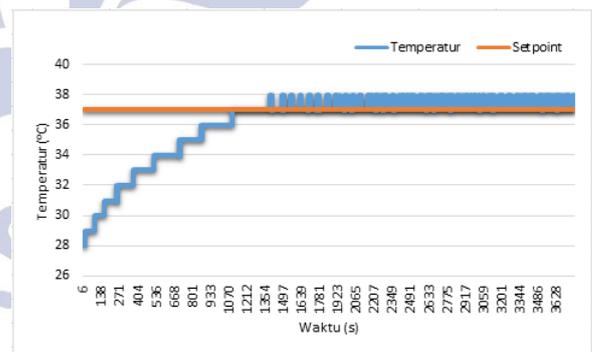
Rangkaian ini menggunakan motor *stepper* yang dihubungkan dengan modul L298N H-Bridge IC.

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, 2018)

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

Berikut parameter-parameter yang ditentukan dalam sistem.

$$C_t = (0,632 * Y_{ss}) + (Y_{ss} - Suhu\ Terendah)$$

$$= (0,632 * 37,3) + (37,3 - 28) = 32,874^{\circ}C \quad (1)$$

$$t = 373\ s$$

$$t_d = t \ln 2 = 373 \ln 2 = 258,5\ s \quad (2)$$

$$t_r(5\% - 95\%) = t \ln 19 = 373 \ln 19 = 1098,3 \text{ s} \quad (3)$$

$$t_r(10\% - 90\%) = t \ln 9 = 373 \ln 9 = 819,6 \text{ s} \quad (4)$$

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

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

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

$$E_{ss} = \frac{Y_{ss} - X_{ss}}{X_{ss}} = \frac{37,3 - 37}{37} = 0,0081 = 0,81\% \quad (8)$$

Keterangan :

C_t = Temperatur saat 63,2% *steady state* (°C)

t = Waktu yang diperlukan oleh C_t (s)

t_d = Waktu tunda (s)

t_r = Waktu naik (s)

t_s = Waktu tunak (s)

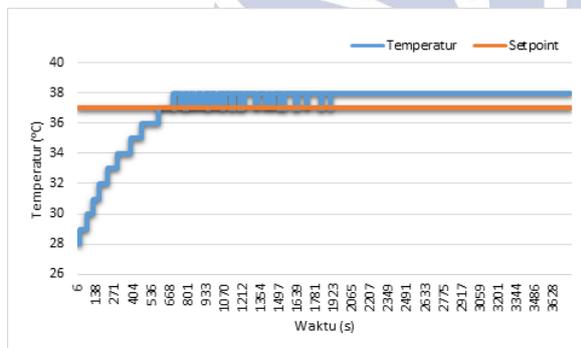
E_{ss} = *Error Steady State* (%)

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 :



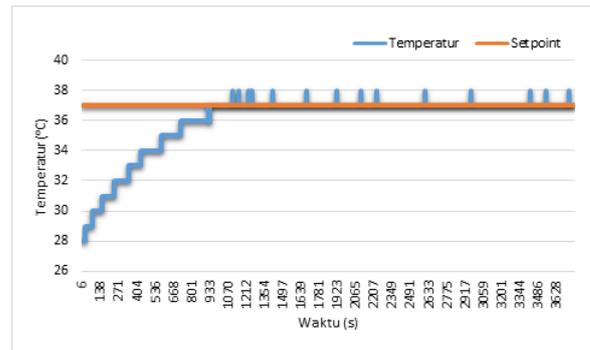
Gambar 12. Grafik Respon Sistem Lampu 25 W Tanpa Kontroller
(Sumber : Data Primer, 2018)

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 $t = 293 \text{ s}$; $t_d = 203,1 \text{ s}$; $t_r(5\% - 95\%) = 862,7 \text{ s}$; $t_r(10\% - 90\%) = 643,8 \text{ s}$; $t_s(5\%) = 879 \text{ s}$; $t_s(2\%) = 1172 \text{ s}$; $t_s(0,5\%) = 1465 \text{ s}$; $E_{ss} = 2,4\%$.

3. Lampu 15W Dengan Kontroller

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



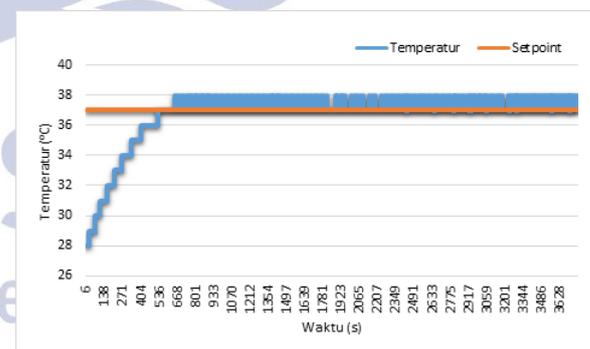
Gambar 13. Grafik Respon Sistem Lampu 15 W Dengan Kontroller
(Sumber : Data Primer, 2018)

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 $C_t = 32,39^\circ\text{C}$ dengan $t = 346 \text{ s}$; $t_d = 239,289 \text{ s}$; $t_r(5\% - 95\%) = 1018,776 \text{ s}$; $t_r(10\% - 90\%) = 760,24 \text{ s}$; $t_s(5\%) = 1038 \text{ s}$; $t_s(2\%) = 1386 \text{ s}$; $t_s(0,5\%) = 1730 \text{ s}$; $E_{ss} = 0,01\%$.

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, 2018)

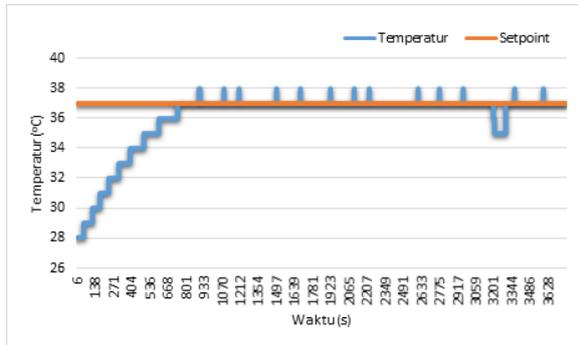
Gambar 14 menunjukkan respon yang lebih baik dibandingkan saat tanpa kontroller. Dapat menurunkan suhu menjadi sebesar *setpoint*.

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

465,812 s; $t_s(5\%) = 636$ s; $t_s(2\%) = 848$ s; $t_s(0,5\%) = 1060$ s; $E_{ss} = 0,164\%$.

5. Lampu 15 W Dengan Beban

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

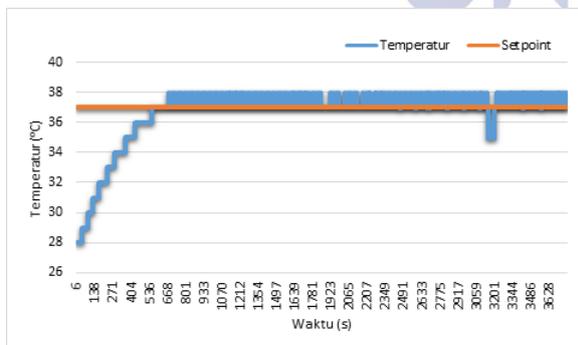


Gambar 14. Grafik Respon Sistem Lampu 15 W Dengan Beban (Sumber : Data Primer, 2018)

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, 2018)

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 4. Hasil Uji Sensor DHT11 (Sumber : Data Primer, 2018)

Parameter	FLC		PID	
	15 W	25 W	15 W	25 W
Y_{ss} (°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.

PENUTUP
Simpulan

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 4).

Saran

Berdasarkan simpulan diatas ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan sistem agar hasil yang dihasilkan lebih maksimal yaitu sebagai berikut:

Menerapkan sistem pengendalian kelembapan pada *plant*, sehingga menghasilkan nilai kelembapan yang sesuai dengan *setpoint*.

Metode pengendalian temperatur pada inkubator dapat dikembangkan dengan metode controller yang lain seperti kontrol adaptif dan jaringan saraf tiruan untuk menentukan nilai *erros steady state*.

DAFTAR PUSTAKA

- Hariputra, Akbar. Wanarti, Puput. 2017. “Perancangan controller *pi-fuzzy* untuk sistem pengendalian level fluida pada *coupled tank*”. *Jurnal Teknik Elektro*. Vol.6
- Kusumadewi, Sri & Purnomo, Hari. 2004. Aplikasi logika fuzzy untuk pendukung keputusan. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Nugroho, Ichsan Dwi. 2012. “Alat pengatur lampu dan pembalik telur otomatis pada bok penetasan telur berbasis mikrokontroler atmega 16 dilengkap *uninterruptible power supply*”. *Jurnal Teknik*.
- Shafiudin, Sofyan. 2017. “Sistem monitoring dan pengontrolan temperatur pada inkubator penetasan telur berbasis pid”. *Jurnal Teknik*.
- Web : Fecegypt. 2014. Arduino uno – octopart. (<https://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>, diakses 01 Januari 2019)
- Web : Micro4you. 2010. DHT11 Humidity & Temperatur Sensor. (<https://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf>, diakses 01 Januari 2019)
- Web : NI. 2014. *Stepper motors and encoder*. (www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-311, diakses 01 Januari 2019)
- Web : Robotdyn. 2018. *AC Light Dimmer Module*. (<https://robotdyn.com/ac-light-dimmer-module-1-channel-3-3v-5v-logic-ac-50-60hz-220v-110v.html>, diakses 01 Januari 2019)