

Perancangan Sistem Pengeram Telur Ayam Otomatis Berbasis Mikrokontroler

Mohammad Rizky Firdaus^{1*}, Hery²

¹Teknik Elektro, Universitas Pelita Harapan, Tangerang

²Sistem Informasi, Universitas Pelita Harapan, Tangerang
mchmmdrizky@gmail.com

Abstrak— Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang bertambah juga populasi manusia, tidak terkecuali di Indonesia. Peningkatan populasi menyebabkan pertumbuhan permintaan pangan, seperti daging ayam. Salah satu solusi adalah dengan meningkatkan kuantitas penetasan telur ayam. Mayoritas peternak masih menggunakan inkubator konvensional. Kekurangan inkubator konvensional adalah tingkat kuantitas penetasan telur ayam yang rendah serta perlu dilakukan pemantauan secara teratur karena untuk menghasilkan kuantitas penetasan telur ayam yang tinggi dibutuhkan suhu 37-39°C dan kelembaban 50%-65% [1]. Dengan mengacu pada permasalahan tersebut memunculkan konsep untuk membuat Inkubator otomatis atau sistem pengeram telur ayam otomatis. Inkubator ini menggunakan perangkat Arduino Uno R3 yang dapat mengontrol perangkat lain seperti sensor DHT22 untuk mengukur suhu serta kelembaban udara, heater untuk pemanas ruang inkubator, humidifier untuk meningkatkan kelembaban udara, sensor PIR untuk menyalakan lampu dan motor AC untuk membalik telur. Dengan menggunakan metode *blackbox*, regresi linier dan *forecasting error* diperoleh nilai rata-rata kesalahan pengukuran untuk pengukuran suhu sebesar 0,38% dan nilai MSE sebesar 0,04, dengan rata-rata persentase kesalahan pengukuran pada pengukuran suhu sebelum kalibrasi sebesar 0,89% dan nilai MSE sebesar 0,13. Rata-rata nilai kesalahan pengukuran kelembaban udara sebesar 1,2% dan nilai MSE sebesar 0,95 dengan rata-rata kesalahan pada pengukuran kelembaban udara sebelum kalibrasi sebesar 2,8% dan nilai MSE sebesar 3,2. Perancangan ini diharapkan dapat meningkatkan kuantitas penetasan telur ayam.

Article History:

Received: Aug 11, 2022

Revised: Feb 25, 2023

Accepted: Feb 22, 2023

Published: Mar 29, 2023

Kata Kunci— *Blackbox; Forecasting Error; Heater; Humidifier; Mikrokontroler; Motor AC; Regresi Linier*

DOI: 10.22441/jitkom.2023.v7i1.004

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara dengan populasi penduduk terbanyak di dunia, diketahui jumlah penduduk Indonesia sebesar 270,20 juta jiwa dengan perkiraan kepadatan penduduk sebanyak 141 jiwa per Km² pada tahun 2020 yang diperoleh dari hasil sensus penduduk. Jumlah ini bertambah jika dibandingkan dengan sensus penduduk 2010 dengan jumlah penduduk sebanyak 237,64 juta jiwa [1]. Dengan bertambah banyak jumlah penduduk Indonesia maka permintaan produksi pangan semakin meningkat, salah satunya permintaan produksi daging ayam. Permintaan daging ayam yang tercatat oleh Badan Pusat Statistik pada tahun 2019 adalah 3.495.090,53 Ton [2].

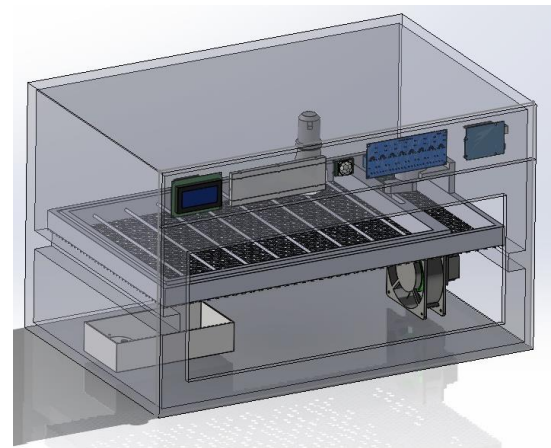
Permintaan produksi ayam yang tinggi menuntut para peternak ayam meningkatkan kuantitas penetasan telur ayam untuk memenuhi konsumen daging ayam. Peningkatan produksi tersebut dapat dilakukan dengan meningkatkan jumlah penetasan telur ayam, cara tersebut dapat mempercepat proses perkembangbiakan ayam untuk memperbanyak populasi. [3]

Dalam pelaksanaan umumnya peternak melakukannya dengan menggunakan mesin penetasan telur tradisional atau inkubator konvensional. Inkubator tersebut kurang efektif karena pemantauan masih dilakukan secara manual sehingga peternak harus memantau secara terus menerus parameter-parameter yang ada pada inkubator untuk mengendalikan kondisi ruangan inkubator agar kegagalan penetasan telur dapat diminimalkan. [4] Namun pada kenyataannya peternak telur tidak selalu dapat memantau sehingga kelalaian penanganan sering terjadi jika indikator tidak sesuai dengan yang diinginkan, hal tersebut dapat menyebabkan kuantitas menjadi lebih rendah.

Saat ini teknologi sudah berkembang di mana sudah banyak perangkat proses kontrol yang dapat membantu pemantauan dan pengendalian, salah satunya mikrokontroler. [5][6] Oleh karena itu untuk mengurangi kegagalan penetasan telur serta meningkatkan kuantitas penetasan telur maka dirancahlah mesin penetas telur berbasis mikrokontroler. [7][8]

II. LITERATURE REVIEW

Pada penelitian yang dilakukan oleh [5], menggunakan mikrokontroler arduino uno dengan menggunakan sensor DHT11 menggunakan set point suhu 37-39°C dengan kelembaban yaitu 75-85% custom mode digunakan untuk jenis telur ayam dengan menyesuaikan rak telur sesuai telur ayam yang akan ditetaskan. Kemudian [6], melakukan penelitian terhadap 30 butir telur yang membutuhkan suhu yang bersumber dari lampu pijar selama 23 hari dengan batasan suhu yang dibutuhkan mencapai 38°C. Kemudian dilakukan pengukuran terhadap alat pemanas berupa 2 buah lampu pijar 25 watt dan nilai suhu disetel pada nilai 38°C sampai 40°C, pemutar rak telur otomatis bergerak satu arah mengikuti arah putaran jarum jam yang butuh waktu 12 detik untuk setiap gerakan sampai posisi berhenti, setelah berhenti selama tiga jam, maka akan bergerak lagi selama 12 detik, dan pengkondisian dan indikasi nilai kelembaban dibantu dengan wadah berisi air yang dilengkapi dengan kertas dan penyangganya; nilai penunjukan sebesar 68%. [7] Terakhir ada [8] membuat rancang bangun mesin penetas telur otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino uno. Pada pengujian yang dilakukan dengan menggunakan telur ayam pada set point suhu : 37 – 38 °C dengan kelembaban yaitu 55 – 60 %, diperoleh hasil dengan persentase yaitu sekitar 98%.



Gambar 2. Pemodelan Inkubator

C. Instalasi dan Pembuatan Program

Perangkat diinstal sesuai dengan diagram skematik, lalu membuat program untuk menjalankan sistem dan mengujinya. Hasil instalasi perangkat dapat dilihat pada gambar 3.



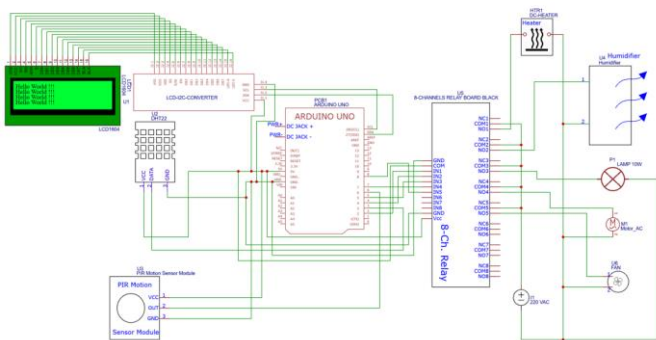
Gambar 3. Instalasi Perangkat

Selanjutnya terlampir potongan program sistem yang dirancangan yang dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Skematik

Rancangan ini menggunakan perangkat dengan komponen utama berupa mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengontrol perangkat lainnya seperti heater, humidifier, kipas, sensor DHT22, sensor PIR, motor AC, lampu dan LCD 20x4.



Gambar 1. Desain Skematik Sistem

B. Desain Ruang Inkubator

Perancangan desain ruangan inkubator menggunakan aplikasi Solidwork. Mendesain dengan aplikasi ini bertujuan agar mudah dalam mengubah ukuran dan tata letak dari perangkat-perangkat yang akan diinstal.

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

//DHT Library
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 3
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

#define Relay1 2
#define Relay2 4
#define Relay3 5
#define PIR 6
#define Relay4 7
#define Relay5 8

int val = 0;
int suhu_rendah = 37;
int suhu_tinggi = 38;
int kelembaban_rendah = 50;
int kelembaban_tinggi = 60;
int ledState = LOW;
long lastTime = 0;
long input = 6000; // waktu hidup motor = 6 detik , 180 derajat
long input2 = 1800000; // waktu mati motor = 3 jam

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(); // initialize the lcd
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.backlight();
  dht.begin();
  pinMode(0, OUTPUT);
  pinMode(1, ANALOG_IN);
  pinMode(4, ANALOG_IN);
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
}

void loop()
{
  float temp = dht.readTemperature(); //Pembacaan sensor DHT 22
  float hum = dht.readHumidity();

  if (isnan(temp) || isnan(hum)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    return;
  }

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(temp);
  lcd.print("°C");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(hum);
  lcd.print("%");
  digitalWrite(PIR); // Pembacaan Sensor PIR
  }
  
```

```

if (temp >= suhu_tinggi)
{
digitalWrite(Relay1, HIGH);
}
if (temp <= suhu_rendah)
{
digitalWrite(Relay1, LOW);
}
if (temp >= suhu_tinggi)
{
digitalWrite(Relay5, HIGH);
}
if (temp <= suhu_rendah)
{
digitalWrite(Relay5, LOW);
}
if (hum >= kelembaban_tinggi)
{
digitalWrite(Relay2, HIGH);
}
if (hum <= kelembaban_rendah)
{
digitalWrite(Relay2, LOW);
}
if (wal == HIGH) {
digitalWrite(Relay3, LOW);
}
else {
digitalWrite(Relay3, HIGH);
}
if (millis() - lasttime >= input1)
{
ledstate=LOW;
}
ledstate=HIGH;
digitalWrite (Relay4, ledstate);
if (millis() - lasttime >= input2) {
lasttime = millis();
if (ledstate==HIGH)
{
ledstate=LOW;
}
digitalWrite (Relay4, ledstate);
}
}
}
    
```

Gambar 4. Program sistem

Program ini merupakan program awal untuk mengetahui bahwa semua perangkat bekerja dengan normal serta belum adanya program untuk kalibrasi. Kalibrasi dapat dilakukan setelah semua perangkat diinstal ke dalam ruang inkubator.



Gambar 5. Bagian Luar Inkubator Setelah Semua Perangkat Terinstal Di Ruang Inkubator

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Alat dan Simulasi

Tabel *black box* [9] digunakan dalam pengujian inkubator ini untuk mengetahui apakah program sudah sesuai dengan konsep perancangan.

Tabel 1. Pengujian Alat Dan Simulasi

Komponen Uji	Bentuk Pengujian	Acuan	Hasil Akhir
Heater	Sensor DHT22 diberikan panas hingga suhu yang telah ditentukan	Heater mati dan akan menyala kembali ketika menyentuh suhu terendah sesuai dengan program yang telah dibuat	OK
Humidifier	Sensor DHT22 di keringkan dengan kipas hingga kadar kelembaban udara berkurang dan menyentuh angka yang telah ditentukan	Humidifier menyala dan akan mati kembali ketika menyentuh kadar kelembaban udara tertinggi sesuai dengan program yang telah dibuat	OK
Lampu	Sensor PIR dilewati benda yang memiliki suhu panas atau orang	Lampu menyala	OK
Motor AC	Mengatur waktu kerja dan mati pada program	Nyala dan mati dalam waktu yang diatur	OK

B. Pengujian dan Pengukuran Sensor DHT22

Untuk mengetahui apakah hasil pengukuran sensor DHT22 sudah benar atau akurat maka penulis membandingkan sensor DHT22 dengan alat ukur ruangan digital dari produk lain yang dapat dijadikan sebagai acuan. Sebelum dilakukan pengukuran, sensor DHT22 dan alat ukur pembandingnya diletakkan pada ruangan dan tidak diberikan kalor atau isolasi panas selama 24 jam. Pengujian dilakukan dengan menghitung hasil pengukuran dalam metode regresi linier dan *forecasting error*, dengan persamaan sebagai berikut:

Persamaan regresi linear [10]

$$y = \alpha + \beta x \tag{1}$$

$$R^2 = r^2 \tag{2}$$

di mana:

α = konstanta

β = koefisien regresi

r = koefisien korelasi

R = koefisien determinasi

Persamaan *forecasting error* [11]

$$MAD = |X - Y| \tag{3}$$

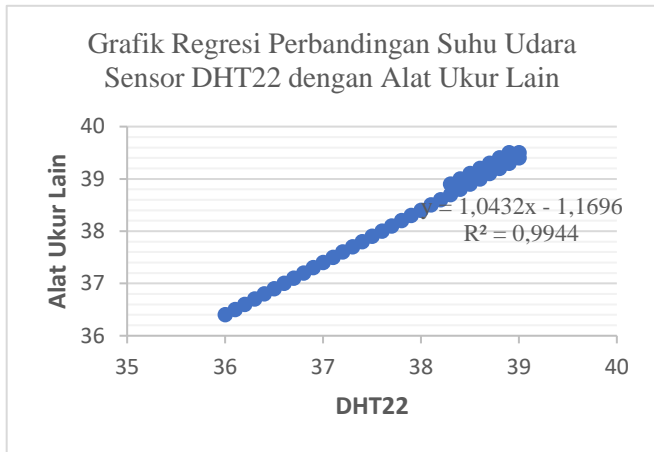
$$MSE = MAD^2 \tag{4}$$

$$MAPE = (MAD / \text{pengukuran aktual}) \times 100\% \tag{5}$$

di mana:

Y = pengukuran aktual

Berikut di bawah ini merupakan grafik dari hasil pengujian dan pengukuran suhu yang diperoleh dengan menggunakan metode regresi linier. Nilai regresi yang diperoleh $y = 1,0432x - 1,1696$ dan $R^2 = 0,9944$. Berdasarkan nilai tersebut dapat diketahui bahwa tingkat akurasi sensor DHT22 dalam mengukur suhu sebesar 99,44%.



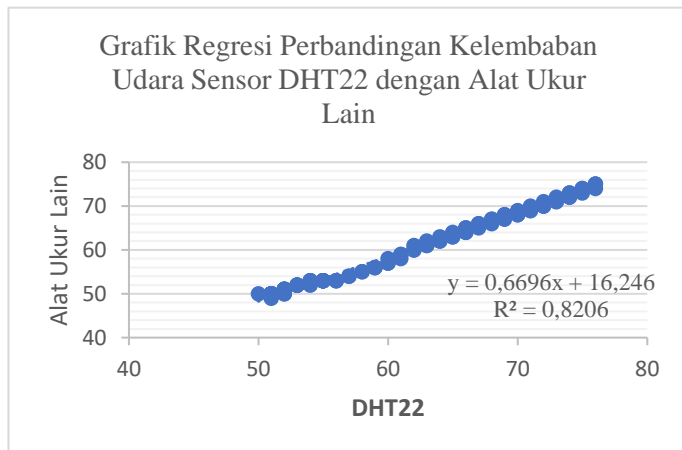
Gambar 6. Kurva Regresi Linear Hasil Pengukuran Suhu

Karena rumus regresi linier untuk pengukuran suhu sudah didapatkan, selanjutnya masukan rumus tersebut ke dalam program sistem yang sudah dibuat.

```
void loop()
{
  float temp = dht.readTemperature();
  float hum = dht.readHumidity();
  float temp_kal = 1.0432*temp - 1.1696;
```

Gambar 7. Modifikasi Program Untuk Kalibrasi Suhu

Selanjutnya melakukan pengujian dan pengukuran kelembaban udara. Nilai regresi yang diperoleh $y = 0,6696x + 16,246$ dan $R^2 = 0,8206$. Berdasarkan nilai tersebut dapat diketahui bahwa tingkat akurasi sensor DHT22 dalam mengukur kelembaban udara sebesar 82,06%.



Gambar 8. Kurva Regresi Linear Hasil Pengukuran Kelembaban Udara

Karena rumus regresi linier untuk pengukuran kelembaban udara sudah didapatkan, selanjutnya masukkan rumus tersebut ke dalam program sistem yang sudah dibuat.

```
float temp = dht.readTemperature();
float hum = dht.readHumidity();
float temp_kal = 1.0432*temp - 1.1696;
float hum_kal = 0.6696*hum + 16.246;
```

Gambar 9. Modifikasi Program Untuk Kalibrasi Kelembaban Udara

Setelah dilakukan kalibrasi maka tahap selanjutnya adalah mengujinya dengan mengambil data sampel sebanyak tiga ratus kali dalam tiga percobaan kemudian diolah dengan metode *forecasting error*.

Tabel 2. Rekap Persentase Kegagalan Pengukuran Suhu

Kesalahan	Sebelum	Sesudah Percobaan			Rata-rata	
		1	2	3		
		MAD	0,32	0,14		0,14
MSE	0,13	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
MAPE	0,89	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38

Berdasarkan data yang diperoleh dari Tabel 2 maka diperoleh nilai rata-rata persentase kesalahan pengukuran suhu sebesar 0,38% dan nilai MSE sebesar 0,04. Dengan rata-rata persentase kesalahan pada pengukuran suhu sebelum kalibrasi sebesar 0,89% dan nilai MSE sebesar 0,13 maka terlihat perubahan rentang nilai kesalahan sebesar 0,51% dan nilai MSE sebesar 0,09 sehingga metode regresi linier dapat mengurangi nilai kesalahan dari percobaan yang telah dilakukan.

Tabel 3. Rekap Persentase Kegagalan Pengukuran Kelembaban Udara

Kesalahan	Sebelum	Sesudah Percobaan			Rata-rata	
		1	2	3		
		MAD	1,64	0,63		0,82
MSE	3,20	0,83	1,14	0,89	0,95	0,95
MAPE	2,80	1,07	1,44	1,08	1,20	1,20

Berdasarkan data yang diperoleh dari Tabel 3 maka diperoleh nilai rata-rata persentase kesalahan pengukuran kelembaban udara sebesar 1,2% dan nilai MSE sebesar 0,95. Dengan rata-rata kesalahan pada pengukuran sebelum kalibrasi sebesar 2,8% dan nilai MSE sebesar 3,2 maka perubahan rentang nilai sebesar 1,6% dan nilai MSE sebesar 2,25 sehingga metode regresi linier dapat mengurangi nilai kesalahan dari percobaan yang telah dilakukan.

C. Pengujian dan Pengukuran Sensor PIR

Dalam perancangan ini sensor PIR berperan untuk menyalakan dan mematikan lampu berdasarkan jarak seseorang terhadap inkubator sehingga pengujian dan pengukuran dilakukan dengan mengamati respons sensor PIR untuk menyalakan lampu dalam jarak dan sudut tertentu.

Pertama dilakukan pengukuran jarak yang diambil dari jarak terjauh terlebih dahulu dimulai dari tiga meter.

Tabel 4. Respons Sensor PIR Berdasarkan Jarak

No.	Jarak	Percobaan		
		1	2	3
1	3	mati	mati	mati
2	2,9	mati	mati	mati
3	2,8	mati	mati	mati
4	2,7	mati	mati	mati
5	2,6	mati	mati	mati
6	2,5	mati	mati	mati
7	2,4	mati	mati	mati
8	2,3	mati	mati	mati
9	2,2	mati	mati	mati
10	2,1	mati	mati	mati
11	2	mati	mati	mati
12	1,9	mati	mati	mati
13	1,8	mati	mati	mati
14	1,7	mati	mati	mati
15	1,6	mati	mati	mati
16	1,5	mati	mati	mati
17	1,4	mati	mati	mati
18	1,3	mati	mati	mati
19	1,2	hidup	hidup	hidup
20	1,1	hidup	hidup	hidup

Pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa jarak terjauh yang bisa dijangkau oleh sensor PIR adalah sepanjang 1,2 m, selanjutnya mengukur rentang jarak berdasarkan sudut pengamatan dengan panjang yang bisa dijangkau sensor PIR atau 1,2m. Tabel 5. Respons Sensor PIR Berdasarkan Sudut Pengamatan

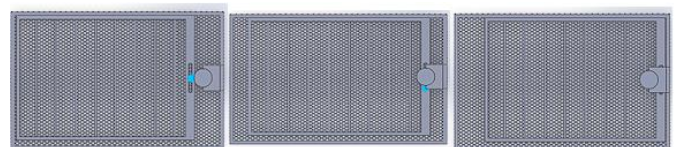
No.	Sudut Pengamatan (°)	Percobaan		
		1	2	3
1	10	mati	mati	mati
2	15	mati	mati	mati
3	20	mati	mati	mati
4	25	mati	mati	mati
5	30	mati	mati	mati
6	35	mati	mati	mati
7	40	mati	mati	mati
8	45	hidup	hidup	hidup
9	50	hidup	hidup	hidup
10	55	hidup	hidup	hidup
11	60	hidup	hidup	hidup
12	65	hidup	hidup	hidup
13	70	hidup	hidup	hidup
14	75	hidup	hidup	hidup
15	80	hidup	hidup	hidup
16	85	hidup	hidup	hidup
17	90	hidup	hidup	hidup
18	95	hidup	hidup	hidup
19	100	hidup	hidup	hidup
20	105	hidup	hidup	hidup

No.	Sudut Pengamatan (°)	Percobaan		
		1	2	3
21	110	hidup	hidup	hidup
22	115	hidup	hidup	hidup
23	120	hidup	hidup	hidup
24	125	hidup	hidup	hidup
25	130	hidup	hidup	hidup
26	135	hidup	hidup	hidup
27	140	mati	mati	mati
28	145	mati	mati	mati
29	150	mati	mati	mati
30	155	mati	mati	mati
31	160	mati	mati	mati
32	165	mati	mati	mati
33	170	mati	mati	mati
34	175	mati	mati	mati
35	180	mati	mati	mati

Diketahui berdasarkan Tabel 5 bahwa respons dari sensor PIR memiliki rentang sudut pengamatan 45°-135°.

D. Pengujian dan Pengukuran Pembalikan Telur

Salah satu faktor penting dalam penetasan telur adalah membalik telur secara teratur, hal ini bertujuan agar embrio tidak mati yang disebabkan embrio menempel pada cangkang telur. Pembalikan telur dilakukan oleh motor dengan mekanisme geser. Waktu pembalikan telur dilakukan oleh motor setiap 3 jam sekali yang diambil berdasarkan hasil wawancara dari peternak telur yaitu dilakukan 6-10 kali atau setiap 3 jam sekali namun dalam pengujian ini penulis mengambil waktu setiap 10 menit sekali dengan tujuan untuk memperoleh data dengan cepat.



Gambar 10. Ilustrasi Mekanisme Pembalikan Telur

Karena membalik telur berarti memutar telur sebanyak 180° maka pengujian dilakukan dengan cara menyalakan motor setiap detik dan diukur perubahan putaran telur. Program untuk variabel waktu hidup dan mati motor dapat di lihat pada Gambar 11.

```
int motorstate =LOW;
long input = 10000; // waktu hidup motor = 1 detik
long input2 = 600000; // waktu mati motor = 10 menit
long lasttime =0;
```

Gambar 11. Program Variabel Motor

Input merupakan variabel untuk durasi hidup motor dalam membalikkan telur dan *input2* merupakan variabel untuk durasi mati motor. Program untuk membuat *input* dan *input2* memiliki fungsi tersebut adalah dengan menggunakan *millis* dan *variable "lasttime"* sebagai pemuncunya yang dapat dilihat pada Gambar 12.

```

if (millis() - lasttime >= input){
    if (motorstate== LOW)
    {
        motorstate=HIGH;
    }
    digitalWrite (Relay4, motorstate);
}
if (millis() - lasttime >= input2){
    lasttime = millis();
    if (motorstate==HIGH)
    {
        motorstate=LOW;
    }
    digitalWrite (Relay4, motorstate);
}
}

```

Gambar 12. Program Kontrol Motor

Program dirancang dengan motor yang aturan awalnya “LOW” sehingga akan membuat motor menyala hingga waktu variabel “input” lalu mati hingga waktu variabel “input2” dan mengatur ulang variabel “lasttime”.

Tabel 6. Respons Putaran Motor Terhadap Waktu

Waktu (s)	Putaran (°)
1	0-30
2	30-60
3	60-90
4	90-120
5	120-150
6	150-180
7	180-210

Berdasarkan Tabel 6 maka waktu yang memungkinkan untuk memperoleh putaran sebanyak 180° adalah 6-7 detik. Pada perancangan ini penulis menggunakan waktu 6 detik karena memiliki sudut putar yang tidak melebihi 180°.

E. Perbandingan Inkubator Perancangan Dengan Konvensional

Selama penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa poin perbedaan dengan inkubator konvensional yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Inkubator

No	Parameter	Alat		Penanganan	
		Konvensional	Perancangan	Konvensional	Perancangan
1	Suhu	Lampu	Heater	Manual (dipantau tiap jam)	Otomatis
2	Kelembaban Udara	Bak Air	Humidifier	Manual (dipantau tiap jam)	Otomatis
3	Pembalik Telur	Manual	Motor	Manual (dipantau tiap 3 jam)	Otomatis (setiap 3 jam)

Inkubator perancangan ini diharapkan dapat mengurangi waktu pemantauan secara manual yang akan menimbulkan masalah yang disebabkan oleh faktor manusia (*human error*) seperti telatnya melakukan penanganan mematikan lampu atau membalik telur.

Dengan mengubahnya secara otomatis maka akan mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh seseorang yang memungkinkan dapat meningkatkan kuantitas dari penetasan telur.

Inkubator perancangan ini memiliki kekurangan yaitu ketika semua perangkat bekerja secara bersamaan terkadang membuat *error* dari salah satu hingga semua perangkat. Kekurangan ini masih belum ditemukan penyebab dan solusinya, sehingga diperlukan adanya penelitian lebih lanjut.

V. KESIMPULAN

Dengan melakukan berbagai perancangan, pengujian dan analisis pada sistem yang telah dibuat maka diperoleh kesimpulan bahwa Perancangan sistem pengeram telur ayam otomatis dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 yang terhubung dengan sensor DHT22 sudah berjalan sesuai dengan program yang diinginkan yaitu ketika suhu 370 maka *heater* dan kipas bekerja, lalu akan mati pada suhu 380 dan suhu akhir akan terhenti di 390, *humidifier* akan bekerja ketika kelembaban udara mencapai 50%, lalu akan mati ketika kelembaban udara akan terhenti di 65%. Sensor PIR memiliki rentang kerja dengan jarak terjauh sepanjang 1,2 m dengan rentang sudut antara 45°-135°. Lampu akan menyala ketika seseorang memasuki wilayah tersebut. Metode regresi linier efektif untuk kalibrasi suatu alat dalam menurunkan nilai kesalahan pengukuran yang memberikan nilai rata-rata kesalahan pengukuran untuk pengukuran suhu sebesar 0,38% dan nilai MSE sebesar 0,04, dengan rata-rata persentase kesalahan pengukuran pada pengukuran suhu sebelum kalibrasi sebesar 0,89% dan nilai MSE sebesar 0,13. Rata-rata nilai kesalahan pengukuran kelembaban udara sebesar 1,2% dan nilai MSE sebesar 0,95 dengan rata-rata kesalahan pada pengukuran kelembaban udara sebelum kalibrasi sebesar 2,8% dan nilai MSE sebesar 3,2.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, “Hasil Sensus Penduduk 2020,” 2020. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/pressrelease/2021/01/21/1854/hasil-sensus-penduduk-2020.html>. [Diakses 7 Januari 2022].
- [2] Badan Pusat Statistik, “Produksi Daging Ayam Ras Pedaging menurut Provinsi,” 2020. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/24/488/1/html>. [Diakses 7 Januari 2022].
- [3] BPTP Sumatra Barat, “Cara Menetas Telur Menggunakan Mesin Tetas,” 2019. [Online]. Available: <http://sumbar.litbang.pertanian.go.id/index.php/info-teknologi/2019-mesin-tetas>. [Diakses 12 Juni 2022].
- [4] M. Irfan, A. Maleakhi, R. Mulyana, and R. Susanto, “Perancangan sistem pengeram telur ayam otomatis,” *Jurnal Teknik Komputer*, vol. 19, no. 2, 2014.
- [5] Indra Aditia and Ridho Ilham, “Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino Dengan Menggunakan Sensor DHT11,” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, vol. 3, no. 1, pp. 113–119, 2022, doi: <https://doi.org/10.33365/jimel.v3i1.1738>.
- [6] T. Yasar Yulis, Ira Devi Sara, and Rakhmad Syafutra Lubis, “Perancangan Sistem Suhu Otomatis dan Pengaturan Posisi Telur pada Penetas Telur Berbasis Arduino,” *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, vol. 3, no. 2, 2018.
- [7] Ritzkal Ritzkal, Arief Goeritno, M. Aziz, Andik Eko Kristus Pramuko, and Ade Hendri Hendrawan, “Implementasi Sistem Kontrol Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3 Untuk Sistem Penetasan Telur Ayam,” *Prosiding SENIATI*, vol. 3, no. 1, pp. B53.1-10, 2017, doi: <https://doi.org/10.36040/seniati.v3i1.1802>.
- [8] M. R. Wirajaya, S. Abdussamad, and I. Z. Nasibu, “Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino

- Uno,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 24–29, Feb. 2020, doi: <https://doi.org/10.37905/jjee.v2i1.4579>.
- [9] F. R. Islami, K. I. Satoto, and R. Kridalukmana, “Pengembangan Aplikasi Manajemen Pelatihan Laboratorium Software Engineering Di Fakultas Teknik Sistem Komputer,” *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 4, no. 2, p. 223, 2016, doi: 10.14710/jtsiskom.4.2.2016.223-231.
- [10] Rekasari, “Perancangan dan Pembuatan Sistem Kontrol Kipas Otomatis Menggunakan Arduino Uno Berbasis IOT,” Tangerang, 2021.
- [11] U. Khair, H. Fahmi, S. A. Hakim, “Forecasting Error Calculation with Mean Absolute Deviation and Mean Absolute Percentage Error,” *IconICT*, vol. 930, no. 1, pp. 2, Agustus 2017, doi :10.1088/1742-6596/930/1/012002