

**PEMBUATAN MESIN PENETAS TELUR OTOMATIS
BERBASIS MIKROKONTROLER**



Disusun Oleh:

Heas Priyo Wicaksono



5215131492

**Skripsi Ini Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan**

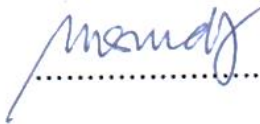
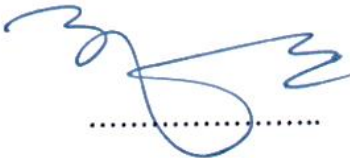
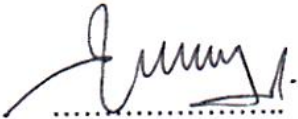
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

Nama dosen	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Drs. Jusuf Bintoro, M.T.</u> (Dosen Pembimbing 1)		13-03-2018
<u>Dr. Muhammad Yusro, M.T., Ph.D</u> (Dosen Pembimbing 2)		8-2-2018

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Nama dosen	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Drs. Wisnu Djatmiko, M.T.</u> (Ketua Penguji)		8-2-2018
<u>Dr. Efri Sandi, M.T.</u> (Sekertais)		5-2-2018
<u>Syufrijal, S.T., M.T.</u> (Dosen Ahli)		5/2/2018

Tanggal Lulus : 2 Februari 2018

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dari dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau di publikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis yang saya buat, serta sanksi lainnya dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 22 Januari 2018

nyataan

Heas Priyo Wicaksono

NIM. 5215131492

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas Nikmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino”.

Dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Drs. Pitoyo Yuliatmojo, M.T. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Drs. Jusuf Bintoro, M.T. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Muhammad Yusro, M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan arahan-arahan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Kadiran peneliti Balai Penelitian Ternak Ciawi-Bogor yang telah membantu dan memberikan arahan-arahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Kedua Orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan baik secara moril maupun materil.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, 22 Januari 2018

Penulis

Heas Priyo Wicaksono

ABSTRAK

Heas Priyo Wicaksono, *Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2018. Dosen Pembimbing : Drs. Jusuf Bintoro, M.T dan Dr. Muhammad Yusro, M.T., Ph.D.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat mesin penetas telur otomatis yang mempunyai tingkat keberhasilan penetasan atau daya tetas yang tinggi. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta pada bulan Juli 2017-Februari 2018.

Penelitian ini menggunakan Metodologi Rekayasa Teknik yang meliputi desain sistem, perancangan *hardware*, perancangan *software*, pengujian *hardware* dan *software*, dan analisis pengujian. Penelitian ini terdiri dari 3 subsistem utama, yaitu kontrol suhu, kontrol kelembapan dan kontrol pemutaran telur. Pada sistem kontrol suhu digunakan pengontrol tegangan AC dengan kendali PID untuk mendapatkan kestabilan suhu yang tinggi. Sistem kontrol kelembapan menggunakan kontrol *ON-OFF* untuk mengontrol kerja kipas dan *humidifier* sehingga kelembapan dapat diatur sesuai yang dibutuhkan selama proses penetasan. pemutaran telur dilakukan secara otomatis menggunakan pewaktu RTC DS1307 yang memutar telur 180° setiap 2 jam sekali dengan penggerak motor AC. Untuk mengantisipasi pemadaman listrik selama proses penetasan digunakan baterai 12V 10Ah dan perangkat inverter 300W sebagai *backup* sumber listrik cadangan.

Hasil penelitian ini menunjukkan dari 3 pengujian penetasan yang dilakukan didapat daya tetas pengujian pertama sebesar 87.5%, pengujian kedua sebesar 95% dan pengujian ketiga sebesar 97.5%. Untuk rata-rata hasil daya tetas dari 3 pengujian penetasan yang dilakukan sebesar 93.3% Sistem kontrol suhu yang dirancang menggunakan kontroler PID menggunakan Arduino dengan nilai $K_p = 25$, $K_i = 20$ dan $K_d = 10$ yang didapat dengan metode *trial and error*, beresilasi kurang dari 0.3°C dari nilai acuan yang ditetapkan 39 °C. Sistem kontrol kelembapan menggunakan kontroler *ON-OFF* mampu mempertahankan nilai kelembapan sesuai yang dibutuhkan dalam penetasan telur ayam. Sistem pemutaran telur yang dirancang mampu membalik telur 180° secara otomatis setiap 2 jam sekali. Sumber listrik cadangan dengan baterai 12V 10Ah dan inverter 300W dapat digunakan selama 1 jam 7 menit. Mesin penetas telur yang dirancang mempunyai rata-rata daya tetas yang tinggi sebesar 93.3% yang di dapat dari daya tetas pengujian pertama sebesar 87.5%, pengujian kedua sebesar 95% dan pengujian ketiga sebesar 97.5%. Tingkat kestabilan suhu yang tinggi yang beresilasi kurang dari 0.3°C, kontrol kelembapan yang mampu mempertahankan nilai kelembapan sesuai yang dibutuhkan dalam penetasan telur ayam, pemutaran telur yang mampu membalik telur 180° secara otomatis setiap 2 jam sekali, dan sumber listrik cadangan yang dapat digunakan selama 1 jam 7 menit.

Kata Kunci : Mesin Penetas Telur, Arduino, PID, Kontrol Suhu, Kontrol Kelembapan

ABSTRACT

Heas Priyo Wicaksono, *Microcontroller Based Automatic Egg Incubator*. Thesis. Jakarta, Electronics Engineering Vocational Education, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta, 2018. Supervisors Drs. Jusuf Bintoro, M.T. and Dr. Muhammad Yusro, MT.

This study aims to design and create an automatic egg incubator that has a high rate of hatching. The research was conducted at Instrumentation Laboratory of Faculty of Engineering, State University of Jakarta and Researcher's House in July 2017-February 2018.

This research uses Engineering Methodology which includes system design, hardware design, software design, hardware and software testing, and testing analysis. This research consists of 3 main subsystems, they are temperature control, humidity control, and egg rotation control. In the temperature control system used AC voltage controller with PID control to obtain high-temperature stability. The humidity control system uses an ON-OFF control to control the fan and humidifier work, so that the humidity can be adjusted as needed during the hatching process. the egg play is done automatically using the DS1307 RTC timer that rotates the eggs 180° every 2 hours with an AC motor. To anticipate power outages during the hatching process used 12V 10Ah battery and 300W inverter device as a backup power source.

The results of this research showed that 3 hatching tests performed obtained the first hatch resistance test of 87.5%, the second test of 95% and the third test as 97.5%. For the average hatch power of 3 hatching tests performed by 93.3% The temperature control system designed using a PID controller uses an Arduino with $K_p = 25$, $K_i = 20$ and $K_d = 10$ obtained by the trial and error method, oscillating less than 0.3°C from the specified reference value of 39 °C. The humidity control system using the ON-OFF controller is capable of maintaining the appropriate humidity value required in hatching chicken eggs. An egg rotation system designed to reverse eggs 180° automatically every 2 hours. The backup power source with 12V 10Ah battery and 300W inverter can be used for 1 hour 7 minutes. The designed egg hatchery machine has a high average hatchability of 93.3% which can be from hatchability of the first test of 87.5%, the second test of 95% and the third test of 97.5%. High stability levels of temperature oscillating less than 0.3°C, humidity control capable of maintaining the appropriate humidity value required in hatching chicken eggs, rotating eggs capable of reversing 180° eggs automatically every 2 hours, and a backup power source that can be used for 1 at 7 minutes..

Keywords : Egg Incubator, Arduino, PID, Temperature Control System , Humidity Control System.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Kerangka Teoritik.....	6
2.1.1. AyamKampung	6
2.1.2 Penetasan Telur.....	7
2.1.2.1 Penetasan Telur dengan Induk.....	7
2.1.2.2 Penetasan Telur dengan Alat Tetas Buatan	7

2.1.3 Jenis Alat Tetas Buatan	8
2.1.3.1 Alat Tetas Konvensional	8
2.1.3.2 Mesin Tetas	8
2.1.4 Hal-Hal yang Diperhatikan Dalam Penetasan Telur.....	9
2.1.4.1 Suhu dan Perkembangan Embrio	9
2.1.4.2 Kelembapan Mesin Tetas	10
2.1.4.3 Ventilasi.....	11
2.1.4.4 Peletakan dan Pemutaran Telur	11
2.1.4.5 Kebersihan Telur Tetas.....	12
2.1.4.6 Fertilitas Telur	12
2.1.5 Peneropongan Telur	13
2.1.6 Waktu Penetasan Telur	13
2.1.7 Daya Tetas	14
2.1.8 Kontrol Automatik.....	15
2.1.9 Kontroler PID	15
2.1.10 Tuning Parameter PID	18
2.1.11 Pengontrol Tegangan AC	20
2.1.12 Arduino Uno	22
2.1.13 Sensor DHT22	23
2.1.14 <i>Real Time Clock</i> (RTC) DS1307	25
2.1.15 Motor AC.....	27
2.1.16 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	27
2.1.17 Lampu pijar.....	28
2.1.18 <i>Ultrasonic Humidifier</i>	28

2.1.19 Kipas DC	29
2.1.20 Piezo Buzzer	29
2.1.21 Baterai (AKI)	30
2.1.22 Perangkat Inverter	31
2.2 Penelitian yang Relevan	32
2.3 Kerangka Berpikir	34
2.4 Alur Kerja Sistem	35

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian	40
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	40
3.3 Metodologi Penelitian	40
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	41
3.5 Diagram Alir Penelitian	42
3.5.1 Desain Sistem	43
3.5.2 Perancangan Hardware	46
3.5.2.1 Sistem Mikrokontroler	47
3.5.2.2 Sensor Suhu dan Kelembapan	48
3.5.2.3 Ultrasonic Humidifier	49
3.5.2.4 Kipas DC	50
3.5.2.5 Motor AC	52
3.5.2.6 LCD 16x2	54
3.5.2.7 RTC DS1307	54
3.5.2.8 Piezo Buzzer	56
3.5.2.9 <i>Zero Crossing Detector</i>	57

3.5.2.10 Pengontrol Tegangan AC	58
3.5.2.11 Regulator Tegangan.....	60
3.5.2.12 Catu Daya Cadangan	60
3.5.2.13 Desain Box Penetas Telur.....	63
3.5.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	65
3.5.3.1 Pemrograman Arduino	65
3.6 Instrumen Penelitian.....	67
3.7 Teknik Analisis Data	67
3.7.1 Kriteria Pengujian <i>Hardware</i>	67
3.7.1.1. Tuning dan Pengujian Respon Kontroler PID.....	68
3.7.1.2 Kriteria Pengujian Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i>	68
3.7.1.3 Kriteria Pengujian Rangkaian Pengontrol Tegangan AC.....	69
3.7.1.4 Kriteria Pengujian Regulator Tegangan	69
3.7.1.5 Kriteria Pengujian Pembacaan Suhu dan Kelembapan	69
3.7.1.6 Kriteria Pengujian Sistem Pemutaran Telur	70
3.7.1.7 Kriteria Pengujian Sistem Buzzer.....	71
3.7.1.8 Kriteria Pengujian Perangkat Inverter	71
3.7.1.9 Kriteria Pengujian <i>Discharge</i> Baterai.....	71
3.7.1.10 Kriteria Pengujian Rangkaian <i>Charger</i> Baterai	72
3.7.1.11 Kriteria Pengujian <i>Transfer Swicth</i>	72
3.7.1.12 Kriteria Pengujian Penetasan Telur	72

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian	74
4.2 Analisis Data Penelitian.....	76

4.2.1 Tuning dan Pengujian Respon Kontroler PID	76
4.2.2 Pengujian Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i>	78
4.2.3 Pengujian Rangkaian Pengontrol Tegangan AC.....	78
4.2.4 Pengujian Regulator Tegangan.....	81
4.2.5 Pengujian Pembacaan Suhu dan Kelembapan.....	81
4.2.6 Pengujian Sistem Pemutaran Telur	86
4.2.7 Pengujian Sistem Buzzer	87
4.2.8 Kriteria Pengujian Perangkat Inverter	87
4.2.9 Pengujian <i>Discharge</i> Baterai	88
4.2.10 Pengujian Rangkaian <i>Charger</i> Baterai	89
4.2.11 Pengujian <i>Transfer Swicth</i>	91
4.2.12 Pengujian Penetasan Telur.....	91
4.3 Pembahasan	92
4.4 Aplikasi Hasil Penelitian	93
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	94
5.2 Saran	94
 DAFTAR PUSTAKA	 95
 LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram Blok PID Digital	17
Gambar 2. 2	Respon Transien Sistem Kontrol	19
Gambar 2. 3	Rangkaian Pengontrol Gelombang Penuh Satu Fasa	21
Gambar 2. 4	Bentuk Gelombang Pengontrol AC.....	21
Gambar 2. 5	Arduino Uno.....	23
Gambar 2. 6	Sensor DHT22.....	24
Gambar 2. 7	Konfigurasi Pin DS1307	25
Gambar 2. 8	Rangkaian RTC DS1307.....	26
Gambar 2. 9	Modul RTC DS1307	26
Gambar 2. 10	Motor AC	27
Gambar 2. 11	LCD 16x2.....	27
Gambar 2. 12	Lampu Pijar	28
Gambar 2. 13	Ultrasonic Humidifier	29
Gambar 2. 14	Kipas DC.....	29
Gambar 2. 15	Piezo Buzzer.....	30
Gambar 2. 16	Baterai	30
Gambar 2. 17	Inverter	31
Gambar 2. 18	Blok Diagram	34
Gambar 2. 19	Flowchart Arduino Master	38
Gambar 2. 20	Flowchart Arduino Slave	39
Gambar 3. 1	Langkah-Langkah Perancangan Alat	43
Gambar 3. 2	Blok Diagram Sistem	44
Gambar 3. 3	Diagram Blok Pengendalian Suhu	45

Gambar 3. 4	Diagram Blok Pengendalian Kelembapan	46
Gambar 3. 5	Diagram Blok Pemutaran Telur	46
Gambar 3. 6	Konfigurasi Arduino Master & Slave	47
Gambar 3. 7	Konfigurasi Sensor DHT22.....	48
Gambar 3. 8	Konfigurasi Humidifier	49
Gambar 3. 9	Konfigurasi Kipas DC.....	50
Gambar 3. 10	Konfigurasi Motor AC	52
Gambar 3. 11	Konfigurasi LCD dan RTC	54
Gambar 3. 12	Konfigurasi Buzzer	56
Gambar 3. 13	Rangkaian Zero Crossing Detector	58
Gambar 3. 14	Pengontrol Tegangan AC	59
Gambar 3. 15	Regulator Tegangan	60
Gambar 3. 16	Sumber Listrik PLN	61
Gambar 3. 17	Sumber Listrik Inverter	61
Gambar 3. 18	Rangkaian Charger Aki.....	62
Gambar 3. 19	Inverter 300 Watt	62
Gambar 3. 20	Relay Omron 220AC.....	63
Gambar 3. 21	Rangkaian Pengalih Tegangan	63
Gambar 3. 22	Tampak Depan	64
Gambar 3. 23	Tampak Samping.....	64
Gambar 3. 24	Tampak Belakang.....	64
Gambar 4. 1	Proses Pemasukan Telur.....	74
Gambar 4. 2	Proses Peneropongan Telur.....	75
Gambar 4. 3	Proses Telur Menetas	75

Gambar 4. 4	Grafik Respon Sistem untuk Nilai Acuan 39 °C	77
Gambar 4. 5	Bentuk Gelombang Zero Crossing Detector	78
Gambar 4. 6	Trigger dan Gelombang Output dengan Waktu Tunda 3000 μ s .	79
Gambar 4. 7	Trigger dan Gelombang Output untuk Waktu Tunda 5000 μ s ...	79
Gambar 4. 8	Trigger dan Gelombang Output untuk Waktu Tunda 8000 μ s ...	80
Gambar 4. 9	Trigger dan Gelombang Output untuk Waktu Tunda 10000 μ s .	80
Gambar 4. 10	Grafik Perbandingan Suhu Sensor DHT22 dan Suhu Pada Thermohygro Digital Pukul 06:00-07:00.....	82
Gambar 4. 11	Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor DHT22 dan Kelembapan Pada Thermohygro Digital Pukul 06:00-07:00.....	82
Gambar 4. 12	Grafik Perbandingan Suhu Sensor DHT22 dan Suhu Pada Thermohygro Digital Pukul 14:00-15:00.....	83
Gambar 4. 13	Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor DHT22 dan Kelembapan Pada Thermohygro Digital Pukul 14:00-15:00.....	84
Gambar 4. 14	Grafik Perbandingan Suhu Sensor DHT22 dan Suhu Pada Thermohygro Digital Pukul 22:00-23:00.....	85
Gambar 4. 15	Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor DHT22 dan Kelembapan Pada Thermohygro Digital Pukul 22:00-23:00.....	85
Gambar 4. 16	Pengujian Perangkat Inverter	88
Gambar 4. 17	Pengujian Discharge Baterai	89
Gambar 4. 18	Tegangan Awal Baterai	89
Gambar 4. 19	Awal Pengisian Baterai	90
Gambar 4. 20	Baterai Penuh	90
Gambar 4. 21	Telur yang Tidak Menetas.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Hand Tuning Rules	18
Tabel 2. 2	Spesifikasi Arduino Uno	23
Tabel 2. 3	Spesifikasi Teknis DHT22	24
Tabel 2. 4	Fungsi Pin DS1307	26
Tabel 2. 5	Rata-rata daya tetas ayam buras (%) dari dua umur indukan dan posisi telur yang berbeda.	32
Tabel 2. 6	Pengaruh Frekuensi Pemutaran Telur Terhadap Daya Tetas	33
Tabel 3. 1	Alat dan Bahan Penelitian	41
Tabel 3. 2	Library Arduino yang digunakan	65
Tabel 3. 3	I/O Arduino Master dan Slave	66
Tabel 3. 4	Kriteria Pengujian Regulator Tegangan	69
Tabel 3. 5	Kriteria Pengujian Pembacaan Suhu dan Kelembapan	70
Tabel 3. 6	Kriteria Pengujian Pemutaran Telur	70
Tabel 3. 7	Kriteria Pengujian Buzzer	71
Tabel 3. 8	Kriteria Pengujian Inverter	71
Tabel 3. 9	Kriteria Pengujian Discharge Baterai	72
Tabel 3. 10	Kriteria Pengujian Transfer Swith	72
Tabel 3. 11	Kriteria Pengujian Hasil Penetasan Telur	73
Tabel 4. 1	Hasil Pengujian Regulator	81
Tabel 4. 2	Hasil Pembacaan Suhu dan Kelembapan Pukul 06:00-07:00	82
Tabel 4. 3	Hasil Pembacaan Suhu dan Kelembapan Pukul 14:00-15:00	83
Tabel 4. 4	Hasil Pembacaan Suhu dan Kelembapan Pukul 22:00-23:00	84
Tabel 4. 5	Hasil Pengujian Pemutaran Telur	86

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Sistem Buzzer	87
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Perangkat Inverter.....	88
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Discharge Baterai	88
Tabel 4. 9 Pengujian Transfer Swicth	91
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Penetasan	91

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Spesifikasi teknis dan gambar Mesin Penetas Telur Berbasis Mikrokontroler.
- Lampiran 2 *Source Code* Arduino Master.
- Lampiran 3 *Source Code* Arduino Slave.
- Lampiran 4 Dokumentasi Proses Penetasan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Mesin penetas telur adalah sebuah alat yang membantu proses penetasan telur. Dengan adanya mesin penetas telur maka telur dapat ditetaskan tanpa melalui proses pengeraman oleh bantuan induk. Penetasan telur pada prinsipnya adalah menyediakan lingkungan yang sesuai supaya telur unggas bisa menetas. Dalam penetasan telur ada beberapa hal yang harus diperhatikan pada ruang penetasan yaitu : suhu, kelembapan, ventilasi, frekuensi pemutaran telur dan kebersihan telur. (Tullet, 1990, diacu dalam Indrawati, dkk. 2015).

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. Suhu yang dibutuhkan untuk penetasan telur setiap unggas berbeda-beda. Contoh suhu untuk perkembangan embrio dalam telur ayam antara 38.33°-40.55°C, itik 37.78°-39.45°C, puyuh 39.5°C dan walet 32.22°-35°C (Paimin, 2011). Kestabilan suhu sangat penting dalam penetasan telur. Toleransi fluktuasi suhu dalam mesin tetas yang masih menjamin proses penetasan telur sekitar 0.2 – 0.3°C. Untuk itu sangat dibutuhkan keadaan suhu yang stabil dalam penetasan telur (Krista & Harianto, 2013).

Pemanas atau *heater* pada mesin penetas telur pada umumnya menggunakan beberapa lampu pijar atau elemen pemanas. Sistem pemanas dengan lampu pijar banyak dipilih karena mudah dirangkai, relatif hemat energi dan dapat menghasilkan panas yang diperlukan untuk menetas telur. Sementara untuk

sistem kontrol suhunya pada umumnya menggunakan kontrol *ON-OFF*. pada sistem kontrol *ON-OFF* cenderung menimbulkan fluktuasi suhu sehingga kontrol suhu menjadi kurang optimal.

Selama penetasan berlangsung, diperlukan kelembapan udara yang sesuai dengan perkembangan dan pertumbuhan embrio. Seperti suhu, kelembapan yang umum untuk penetasan telur setiap jenis unggas juga berbeda-beda. Contoh Kelembapan untuk telur ayam pada saat awal penetasan sekitar 52%-55% dan menjelang menetas sekitar 60%-70% (Paimin, 2011).

Mesin penetas yang ada pada umumnya hanya memperhatikan kontrol suhu saja padahal kelembapan sangat mempengaruhi daya tetas yang dihasilkan. Kelembapan yang dihasilkan pada mesin tetas pada umumnya hanya menggunakan bak air yang diletakan di dalam mesin tetas. Dengan hanya menggunakan bak air kelembapan di dalam mesin tetas tidak dapat diatur.

Faktor lain yang mempengaruhi proses penetasan telur adalah pemutaran telur. Pemutaran telur selama proses penetasan sangat penting untuk dilakukan. Pemutaran telur yang baik dapat menghindarkan dari terjadinya penempelan embrio pada kerabang yang diakibatkan oleh temperatur yang tidak merata. Pemutaran sebaiknya dilaksanakan paling sedikit 2 kali atau lebih baik diputar 6, 8, sampai 10 kali sehari. (North, 1978, diacu dalam Bachari, 2006). Dalam pelaksanaanya proses pemutaran telur dalam mesin tetas manual masih menggunakan tangan yang membalik telur satu persatu, untuk kapasitas mesin yang besar tentu cara ini tidak efektif karena membutuhkan penjadwalan yang rutin, tenaga yang besar dan proses pemutaran telur yang membuka mesin tetas akan menyebabkan penurunan suhu pada mesin tetas.

Kontrol suhu, kelembapan dan pemutaran telur merupakan hal yang sangat penting dalam membuat mesin penetas telur, tetapi ada hal yang harus diperhatikan juga seperti suhu dan kelembapan dalam mesin tetas yang harus terus dimonitoring secara terus menerus sehingga tidak terjadi hal yang dapat menyebabkan embrio telur tidak dapat berkembang. sumber energi listrik atau daya listrik dari mesin penetas juga harus diperhatikan, seringkali proses penetasan telur gagal karena matinya sumber listrik utama (PLN) sehingga menyebabkan sistem pemanas tidak dapat bekerja. Jika telur terlalu lama tidak dalam suhu tetasnya bisa menyebabkan embrio telur gagal berkembang atau mati.

Menurut Prakoso, dkk. (2012) tentang pengaruh lama pemadaman sumber pemanas mesin tetas dikatakan bahwa lama pemadaman sumber pemanas berpengaruh nyata terhadap lama waktu telur menetas dan menaikkan presentase kematian embrio telur. Dalam penelitian ini dijelaskan bahwa pemadaman sumber pemanas pada mesin penetas telur selama 4 jam perhari akan menambah waktu proses penetasan selama 25.02 jam dan menaikkan presentase kematian embrio telur sebesar 52.03%.

1.2 Identifikasi Masalah

Ditinjau dari latar belakang masalah, maka permasalahan dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Dibutuhkan sistem kontrol suhu dengan tingkat kestabilan yang tinggi.
2. Dibutuhkan sistem kontrol kelembapan.
3. Dibutuhkan sistem pemutaran telur secara otomatis.
4. Dibutuhkan sistem *monitoring* suhu dan kelembapan selama proses penetasan.
5. Dibutuhkan sumber energi listrik cadangan selama proses penetasan.

1.3 Batasan Masalah

Dengan mempertimbangkan identifikasi masalah maka peneliti membatasi masalah yang akan dibahas. Masalah tersebut dibatasi pada :

1. Telur yang ditetaskan adalah jenis telur ayam kampung dengan jumlah telur yang akan ditetaskan sebanyak 40 butir telur.
2. Pemanas atau *heater* yang digunakan menggunakan 4 buah lampu pijar 5 Watt.
3. Untuk menghasilkan kelembapan di dalam mesin tetas menggunakan perangkat *ultrasonic humidifier*.
4. Untuk mengantisipasi terjadinya pemadaman listrik selama proses penetasan digunakan perangkat inverter dengan sumber energi baterai berkapasitas 12V 10Ah.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah, bagaimana perancangan, pembuatan, dan pengujian mesin penetas telur otomatis sehingga memiliki presentase daya tetas yang tinggi ?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Merancang mesin penetas telur otomatis yang diharapkan mempunyai presentase daya tetas yang tinggi hingga di atas 90 %.
2. Merancang sistem kontrol suhu pada mesin penetas telur yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi.
3. Merancang sistem kontrol kelembapan pada mesin penetas telur.
4. Merancang sistem pemutaran telur yang dapat beroperasi secara otomatis.
5. Merancang sistem sumber listrik cadangan sebagai *backup* ketika terjadi pemadaman listrik.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat yang hendak dicapai, diantaranya :

1. Meningkatkan presentase keberhasilan dalam proses penetasan telur.
2. Dapat membantu masyarakat khususnya peternak unggas dalam menaikkan produktifitas penetaskan telur dengan cara yang praktis dan efisien dibanding dengan cara konvensional sehingga dapat memperoleh keuntungan.
3. Penelitian ini juga dapat dimanfaatkan dalam bidang pendidikan khususnya dalam mata kuliah mikrokontroler.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kerangka Teoritik

2.1.1. Ayam Kampung

Ayam kampung adalah ayam asli Indonesia yang telah beradaptasi, hidup, berkembang, dan bereproduksi dalam jangka waktu yang lama, baik di kawasan habitat tertentu maupun di beberapa tempat lainnya. Adapun untuk perkembangbiakannya dilakukan antar sesama ayam kampung tanpa ada perkawinan campuran dengan ayam ras atau ayam hasil persilangan (Yaman, 2010).

Menurut Natasasmita (2000), diacu dalam Rasyaf (2011) Jenis unggas ini telah diidentifikasi sebanyak 31 rumpun ayam lokal, diantaranya ayam kampung, pelung, sentul, wareng, lamba, ciparege, banten, nagrak, rintit, siem, kedu hitam, kedu putih, cemani, sedayu, olagan, nusa penida, merawang, sumatera, balenggek, melayu, nunukan, tolaki, maleo, jepun, ayunai, tukang, bangok, brugo, bekisar, cangehgan, dan kasintu.

Jenis ayam yang akan ditetaskan dalam penelitian ini adalah ayam kampung asli terseleksi atau Ayam Kampung Unggul Balitbang Pertanian (Ayan KUB) yang merupakan jenis ayam kampung murni hasil seleksi galur betina selama enam generasi. Ayam KUB mempunyai keunggulan dapat mulai bertelur pada usia 20-22 minggu dengan produktifitas yang tinggi yaitu berkisar antara 160-180 butir tiap ekor/tahun. Selain itu ayam KUB dapat mencapai bobot potong 800-900 gram dalam waktu 10 minggu. Ayam KUB juga lebih tahan penyakit dibandingkan ayam kampung lokal yang belum terseleksi (Udjianto, 2016).

2.1.2 Penetasan Telur

Penetasan telur merupakan upaya bangsa unggas dalam mempertahankan populasinya, yaitu dengan bertelur. Telur tersebut kemudian ditetaskan, baik secara alami maupun buatan hingga melahirkan individu baru (Paimin, 2011).

Penetasan merupakan proses perkembangan embrio di dalam telur sampai telur pecah dan menghasilkan anak ayam. Penetasan dapat dilakukan secara alami oleh induk ayam atau secara buatan (*artifisial*) menggunakan mesin tetas. Telur yang digunakan adalah telur tetas, yang merupakan telur fertil atau telur yang telah dibuahi oleh sperma, dihasilkan dari peternakan ayam pembibit, bukan dari peternakan ayam petelur komersil (Suprijatna, dkk. 2005).

2.1.2.1 Penetasan Telur dengan Induk

Menetaskan telur dengan induk umumnya disebut pengeraman atau penetasan secara alami. Penetasan dengan induk merupakan cara yang paling sederhana dalam menetaskan telur. Proses penetasan secara alami ini dapat berjalan bila tersedia tempat penetasan telur yang kelak akan menghasilkan individu baru. Tempat penetasan secara alami ini biasanya disebut sarang atau sangkar. Secara alami, sarang akan diletakan induknya ditempat yang tenang, agak gelap, dan bebas dari gangguan. Jumlah telur yang bisa ditetsaskan oleh induk terbatas biasanya induk ayam hanya dapat mengerami 10 – 15 butir telur (Paimin, 2011).

2.1.2.2 Penetasan Telur dengan Alat Tetas Buatan

Proses menetaskan telur dengan alat tetas buatan atau mesin tetas dilakukan bila ingin memperoleh anak-anak unggas dalam jumlah yang banyak. Hal ini menjadi keunggulan cara penetasan buatan dibandingkan dengan penetasan secara alami (Paimin, 2011).

Pada prinsipnya penetasan telur dengan alat tetas buatan adalah tiruan dari sifat-sifat alamiah unggas saat mengeram. selain itu, manusia juga melakukan penyempurnaan tempat penetasan yang bertujuan untuk memperbesar kapasitas dan daya tetas alat. Prinsip kerja dan proses penetasannya benar-benar ditiru dari keadaan aslinya di alam serta disesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan di bidang produksi unggas (Paimin, 2011).

2.1.3 Jenis Alat Tetas Buatan

Alat tetas buatan yang dikenal hingga saat ini ada dua jenis, yaitu alat tetas konvensional dan mesin tetas (Paimin, 2011).

2.1.3.1 Alat Tetas Konvensional

Alat tetas konvensional adalah alat tetas yang menggunakan matahari sebagai sumber panas dengan media penyimpanan panas berupa sekam. Metode cara penetasaan ini sudah lama dikenal oleh masyarakat. Pada umumnya penggunaan alat ini dikhususkan untuk penetasan telur itik (Paimin, 2011).

2.1.3.2 Mesin Tetas

Mesin tetas merupakan sebuah peti atau lemari dengan konstruksi yang dibuat sedemikian rupa sehingga panas didalam mesin tetas tidak terbang. Prinsip kerja penetasan telur dengan mesin tetas ini sama dengan penetasan dengan induk unggas (Paimin, 2011).

Menurut Paimin (2011) berdasarkan cara pengoprasianya dalam proses pembalikan telur, mesin tetas dibagi menjadi 3 yaitu :

1. **Mesin Tetas Manual**

Mesin tetas manual dalam proses pembalikan telurnya masih dilakukan dengan tangan atau secara manual. Ruangan inkubator dibuka, lalu satu persatu

telur dibalikan dengan tangan. Untuk jumlah telur yang banyak, hal tersebut sangat tidak efektif dan memerlukan tenaga yang besar.

2. Mesin Tetas Semiotomatis

Mesin tetas semiotomatis dilengkapi dengan semacam tuas pemutar diluar mesin penetas. Proses pembalikan telur tidak perlu membuka ruangan inkubator atau cukup dengan memutar tuas. Rak telur biasanya didesain sedemikian rupa agar saat diputar, telur tidak terjatuh. Cara ini relatif lebih baik dibandingkan dengan cara manual.

3. Mesin Tetas Otomatis

Mesin tetas otomatis dilengkapi dengan *timer* dan didesain agar telur-telur dapat diputar secara otomatis berdasarkan *timer* yang sudah diatur sebelumnya. Mesin tetas model ini akan mengurangi tenaga manusia secara signifikan dalam proses pembalikan telur.

2.1.4 Hal-Hal yang Diperhatikan Dalam Penetasan Telur

Dalam penetasan telur ada beberapa hal yang harus diperhatikan pada ruang penetas telur yaitu, suhu, kelembapan, ventilasi, frekuensi pemutaran telur dan kebersihan telur (Tullet, 1990, diacu dalam Indrawati, dkk. 2015). Selain itu telur yang ditetaskan harus telur fertil atau telur yang dibuahi oleh pejantan baik secara alami atau dengan inseminasi buatan (IB). Agar telur yang akan ditetaskan dapat menetas sesuai dengan keinginan maka hendaknya memperhatikan hal-hal tersebut.

2.1.4.1 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. Suhu yang dibutuhkan untuk penetasan telur setiap

unggas berbeda-beda. Suhu untuk perkembangan embrio dalam telur ayam antara 38,33° - 40,55°C Untuk itu, sebelum telur tetas dimasukan ke dalam bok penetasan suhu ruang tersebut harus sesuai dengan yang dibutuhkan (Paimin, 2011).

Menurut Cahyono (2011) jika suhu ruangan mesin tetas mencapai 46°C, embrio akan mati dalam enam jam. Embrio juga akan mati dalam satu jam jika suhunya mencapai 49°C. jika pun hidup, anak ayam yang dihasilkan akan mengalami cacat tubuh, seperti kaki atau leher bengkok.

Menurut Krista & Harianto (2013) sebelum memasukan telur tetas ke dalam ruang penetasan suhu dan kelembapan harus dipastikan dalam keadaan yang stabil. Toleransi fluktuasi suhu dalam mesin tetas yang masih menjamin penetasan telur sekitar 0,2 – 0,3°C. apabila suhu dan kelembapan mesin tetas sudah stabil proses penetasan telur baru dapat dimulai.

2.1.4.2 Kelembapan Mesin Tetas

Selama penetasan berlangsung, diperlukan kelembapan udara yang sesuai dengan perkembangan dan pertumbuhan embrio. Bahkan, kelembapan pada awal penetasan berbeda dengan hari-hari selanjutnya. Kelembapan untuk telur ayam pada saat awal penetasan sekitar 52%-55% dan menjelang menetas sekitar 60%-70% (Paimin, 2011).

Kelembapan udara berfungsi untuk mengurangi atau menjaga cairan dalam telur dan merapuhkan kerabang telur. Jika kelembapan tidak optimal, embrio tidak akan mampu memecahkan kerabang yang terlalu keras. Namun, kelembapan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan air masuk melalui pori-pori kerabang, lalu terjadi penimbunan cairan di dalam telur. Akibatnya, embrio tidak dapat bernapas dan

akhirnya mati. Pada sisi teknis, kegagalan penetasan biasanya bersumber dan kegagalan pengaturan suhu dan kelembapan ini (Hartono & Isman, 2012).

2.1.4.3 Ventilasi

Dalam perkembangan normal, embrio membutuhkan oksigen (O_2) dan mengeluarkan karbondioksida (CO_2) melalui pori-pori kerabang telur. Untuk itu, dalam pembuatan alat mesin penetas harus diperhatikan cukup tidaknya oksigen yang ada dalam ruangan penetasan, jika kekurangan oksigen dalam ruang penetasan dikhawatirkan embrio gagal berkembang, Kebutuhan oksigen ini diperoleh melalui lubang ventilasi (Paimin, 2011).

Pengaturan ventilasi bertujuan untuk mengatur sirkulasi udara dengan mengeluarkan gas karbondioksida yang timbul selama proses penetasan dan menggantinya dengan oksigen bersih. Ventilasi yang tidak baik menyebabkan penumpukan karbondioksida sehingga berbahaya bagi pertumbuhan embrio (Cahyono, 2011).

2.1.4.4 Peletakan dan Pemutaran Telur

Menurut Kholis dan Sarwono (2013) pemutaran telur bertujuan untuk meratakan panas yang diterima telur selama berada di mesin tetas. Selain itu, pemutaran berfungsi untuk mencegah agar embrio tidak lengket pada sisi kerabang. Bila telur tidak diputar dari posisinya, kuning telur akan terdorong ke salah satu sisi atas dan melekat ke kerabang telur. Akibatnya, embrio mati. Pemutaran telur dilakukan tiga kali sehari. Waktu pemutaran telur dimulai pada hari ke-3 hingga hari ke-18. Setiap kali pemutaran hanya dilakukan selama beberapa menit. Jangan sekali-kali memutar telur dengan pola lingkaran, yaitu bagian telur yang tumpul

diputar hingga berada di bagian bawah. Kalau ini dilakukan, kantong udara dapat pecah dan embrio dapat mati.

Untuk telur yang peletaknya dalam mesin tetas secara horizontal, pemutarannya dapat dilakukan dengan cara membalikkan sisi yang tadinya berada di atas menjadi di bawah dan sebaliknya. Untuk itu, salah satu atau dua sisi (atas dan bawah) perlu ditandai agar posisinya tidak keliru pada saat pemutaran.

Menurut Hartono dan Isman (2012) pemutaran 180 derajat akan menghasilkan daya tetas 4-5% lebih tinggi dibandingkan dengan telur yang diputar 90 derajat (karena posisi telur dalam keadaan berdiri).

2.1.4.5 Kebersihan Telur Tetas

Telur-telur yang akan ditetaskan hendaknya dalam keadaan bersih. Telur yang kotor dan terkontaminasi bakteri dapat mengakibatkan telur membusuk dan meledak di dalam mesin tetas. Kebersihan telur tetas dapat dilihat dari keadaan luar kerabang telur (Kholis dan Sarwono, 2013).

2.1.4.6 Fertilitas Telur

Fertilitas adalah persentase telur-telur yang bertunas atau dibuahi dari sejumlah telur yang dieramkan, presentase fertilitas dilihat tanpa memperhatikan apakah telur-telur tersebut menetas atau tidak (Nafiu, dkk., 2014).

Telur infertil atau telur tanpa pembuahan disebabkan karena tidak terjadinya perkawinan antara ayam betina dengan ayam pejantan dan jenis telur ini tidak mungkin bisa menetas. Untuk itu telur yang ditetaskan harus telur yang fertil (Hartanto, 2016).

Menurut Hartanto (2016) ciri-ciri telur tetas yang fertil atau dibuahi oleh pejantan hanya dapat dilihat dengan cara peneropongan setelah telur berada dalam mesin tetas beberapa hari.

2.1.5 Peneropongan Telur

Perbedaan telur fertil (mengandung embrio) dan infertil (tidak mengandung embrio) baru bisa dilihat setelah tiga hari telur dimasukkan ke dalam mesin tetas. Untuk melihatnya bisa digunakan alat peneropong sederhana yang dibuat sendiri dengan lampu pijar. Pada telur yang fertil akan tampak pembuluh darah yang menyebar seperti jala. Sementara itu, pembuluh darah pada telur infertil hanya bebrbentuk garis, bahkan kadang-kadang tidak ditemukan pembuluh darah sama sekali (steril). Telur yang fertil bisa dimasukkan kembali ke mesin tetas (Iswanto, 2005).

2.1.6 Waktu Penetasan Telur

Menurut Paimin (2011) penetasan telur ayam biasanya diperlukan waktu sekitar 21 hari untuk menetas, pembagian waktu dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Hari ke-1 memasukan telur dalam alat penetas.
2. Hari ke-2 membiarkan telur tetap di dalam bok tanpa perlakuan.
3. Hari ke-3 mulai melakukan pembalikan telur setelah telur berada dalam bok selama 48 jam, pembalikan dilakukan 3 kali atau lebih dalam 1 hari.
4. Hari ke-4 sampai hari ke-18 telur masih tetap di beri pembalikan. (pada hari ke 7, 13 dan hari ke-17 dilakukan peneropongan guna menyeleksi telur yang baik dan yang buruk).

5. Hari ke-19 tidak lagi dilakukan pembalikan dan telur sedikit dibasahi atau disemprotkan air pada permukaan cangkangnya agar cangkang menjadi lunak ini dilakukan sampai telur mulai menetas.
6. Hari ke-20 sampai hari ke-22 telur sudah menetas dan anak tetas segera dipindahkan ke wadah lain.

2.1.7 Daya Tetas

Menurut Rukmana (2003: 68) Daya tetas telur merupakan indikator banyaknya anak ayam yang menetas dari sejumlah telur yang bertunas atau fertil. Semakin baik proses penetasan maka semakin besar juga presentase daya tetas yang dihasilkan. Ada faktor-faktor yang mempengaruhi daya tetas telur antara lain sebagai berikut :

1. Kesalahan-kesalahan teknis pada waktu memilih telur tetas.
2. Kesalahan-kesalahan teknis dari petugas yang menjalankan mesin tetas atau kerusakan teknis pada mesin tetas.
3. Iklim yang terlalu dingin atau terlalu panas.
4. Faktor pada ayam sebagai sumber bibit, antara lain sebagai berikut :
 - a. Sifat Turun Temurun : telur tetas yang berasal dari induk dengan daya produksi tinggi bukan saja fertilitasnya yang tinggi, tetapi juga daya tetasnya tinggi.
 - b. Perkawinan : perkawinan antara keluarga dekat (tanpa seleksi) terkadang menghasilkan telur dengan daya tetas rendah.
 - c. Makanan : Defisiensi / kekurangan vitamin (A, B₂, B₁₂, D, E, dan asam pantothenat) dapat menyebabkan daya tetas telur berkurang.
 - d. Perkandangan : Temperatur yang tidak sesuai dapat menurunkan daya tetas telur.

2.1.8 Kontrol Automatik

Kontrol otomatis adalah kontrol yang membandingkan harga yang sebenarnya dari keluaran “*plant*” dengan harga yang diinginkan, menentukan deviasi, dan menghasilkan suatu sinyal kontrol yang akan memperkecil deviasi sampai nol atau sampai suatu harga yang kecil. Cara kontroler otomatis menghasilkan sinyal kontrol disebut aksi pengontrolan (*control action*) (Ogata, 1995).

Kontroler (pengontrol) otomatis di industri dapat diklasifikasikan sesuai dengan aksi pengontrolannya sebagai berikut :

1. Kontroler dua posisi atau “*ON-OFF*”.
2. Kontroler proporsional.
3. Kontroler integral.
4. Kontroler proporsional plus integral.
5. Kontroler proporsional plus turunan.
6. Kontroler proporsional plus integral plus turunan.

2.1.9 Kontroler PID

Kontroler PID adalah suatu sistem pengendali yang merupakan gabungan antara pengendali proporsional, integral, dan turunan (derivative). Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran pengendali PID dapat dirumuskan sebagai berikut (Setiawan, 2008).

$$CO(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (2-1)$$

atau

$$CO(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2-2)$$

dimana,

$CO(t)$ = Output kontroler

$e(t)$ = Selisih antara *SetPoint* dengan nilai output proses (dengan menganggap proses yang dikontrol bersifat *direct* maka $e = SP - PV$)

K_P = Gain proporsional

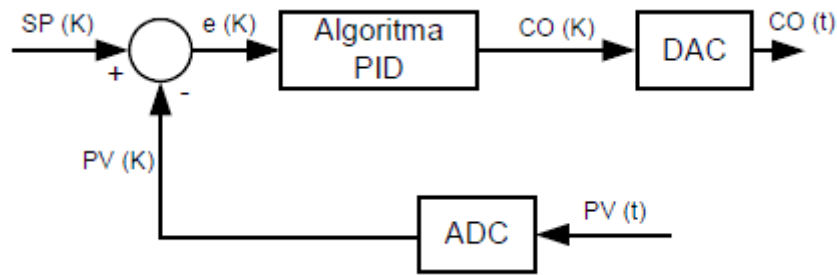
T_I = Time integral

T_D = Time derivative

K_I = Gain integral (K_P/T_I)

K_D = Gain derivative ($K_P T_D$)

PID digital pada dasarnya mengacu pada jenis perangkat keras digital dimana sistem kontrol PID tersebut ditanamkan. Berbeda dengan kontrol PID analog yang realisasi praktisnya dijumpai dalam bentuk perangkat keras rangkaian elektronika analog, sistem kontrol PID digital implementasinya dapat dijumpai dalam bentuk persamaan matematis yang ditanam pada sistem microprocessor. Dalam bentuk diagram blok, kontrol PID digital dapat diilustrasikan pada Gambar 2.1. Karena proses yang dikontrol bersifat kontinyu atau analog, maka di dalam modul ini diperlukan perangkat keras tambahan berupa ADC (*Analog to Digital Converter*) dan DAC (*Digital to Analog Converter*) yang digunakan sebagai antara muka kontroler digital dengan proses. (Setiawan, 2008).



Gambar 2. 1 Diagram Blok PID Digital

Berbeda dengan kontrol PID analog yang pengolahannya bersifat kontinyu, Di dalam sistem microprocessor, pengolahan sinyal kontrol oleh modul digital dilakukan hanya pada waktu-waktu diskret. Dalam hal ini, konversi sinyal dari analog ke digital, pengolahan sinyal *error*, sampai konversi balik digital ke analog dilakukan pada interval atau waktu cuplik (*sampling*) T_c tertentu. Untuk mendapatkan versi diskret dari kontrol PID digital maka dilakukan diskritisasi pada persamaan PID analog. Ketelitian PID digital yang didapat dari diskritisasi ini sangat tergantung dari lebar waktu cuplik yang digunakan: Semakin cepat waktu cuplik, maka perilaku PID digital tersebut akan semakin sama dengan PID analog asosiasinya (Setiawan, 2008).

PID ideal versi diskret yang ditanam dalam sistem digital akan memiliki bentuk seperti :

$$CO(k) = CO_P(k) + CO_I(k) + CO_D(k) \quad (2-3)$$

dimana,

$$CO_P(k) = K_p e(k)$$

$$CO_I(k) = CO_I(k-1) + \frac{K_p T_c}{T_I} e(k)$$

$$CO_D(k) = K_p T_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T_c}$$

2.1.10 Tuning Parameter PID

Proses penentuan parameter kontroler untuk mendapatkan respon sistem yang sesuai disebut *controller tuning* (Ogata, 2011). Kontroler PID dapat di *tuning* dalam beberapa cara, antara lain dengan metode Ziegler-Nichols, *loop shaping*, *analytical*, *optimisation*, *pole placement*, *auto tuning* dan *hand tuning* (Jantzen, 1998).

Metode *hand tuning* atau bisa disebut metode *trial and error* dilakukan dengan cara melakukan eksperimen dengan mengkombinasikan parameter K_p , K_i , dan K_d sampai mendapatkan respon sistem yang diinginkan. Dalam melakukan metode *hand tuning* dapat memperhatikan Tabel 2.1. yang merupakan pengaruh aksi parameter yang diberikan terhadap respon sistem.

Tabel 2. 1 Hand Tuning Rules

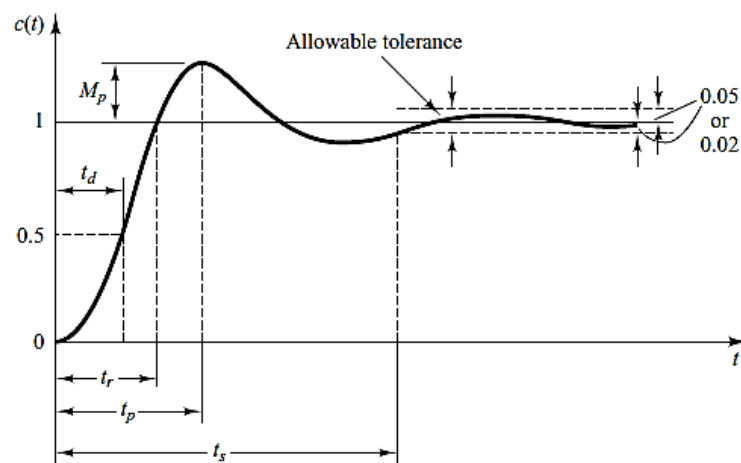
Operation	Rise Time	Overshoot	Stability
Increase K_p	Faster	Increases	Decreases
Increase K_i	Slower	Decreases	Increases
Increase K_d	Faster	Increases	Decreases

Menurut Smith (1979), diacu dalam (Jantzen, 1998) prosedur untuk melakukan *tuning* parameter PID dengan metode *hand tuning* adalah sebagai berikut :

1. Menghilangkan kontroler integral dan differensial dengan memberikan nilai $K_i = 0$ dan $K_d = 0$.
2. Mengatur nilai K_p hingga didapatkan respon yang diinginkan, dengan mengabaikan hasil *offset* yang didapat dari *setpoint*.

3. Dengan terus menaikkan nilai K_p , nilai K_d dinaikkan untuk mengurangi nilai *overshoot* yang terjadi.
4. Mengatur nilai K_i untuk mengurangi *offset* pada *final value*.
5. Ulangi sampai nilai *Gain* K_p besar selama itu memungkinkan.

Keuntungan dari *hand tuning* adalah dapat melihat dengan cepat respon sistem setelah perubahan parameter K_p , K_i dan K_d . Kerugian dari cara ini adalah membutuhkan waktu yang lama dan kesulitan untuk mengetahui apakah parameter akhir yang didapat merupakan hasil yang optimal atau tidak. Gambar 2.2. menunjukkan ilustrasi respon transien awal pada sistem dengan masukan *unit step*.



Gambar 2. 2 Respon Transien Sistem Kontrol

1. Waktu tunda, t_d : waktu tunda (*delay time*) adalah waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah harga akhir yang pertama kali.
2. Waktu naik, t_r : waktu naik (*rise time*) adalah waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 10 sampai 90%, 5 sampai 95%, atau 0 sampai 100% dari harga akhirnya. Untuk sistem orde kedua redaman kurang (*under damp*), biasanya digunakan waktu naik 0 – 100%. Dan 10 – 90% untuk redaman lebih.

3. Waktu puncak, t_p : waktu puncak (*peak time*) adalah waktu yang diperlukan respon untuk mencapai puncak lewatan (*overshoot*) yang pertama kali.
4. (Persen) lewatan maksimum, M_p : (persen) lewatan maksimum (*Maximum (percent) overshoot*) adalah harga puncak (*peak*) maksimum kurva respon yang diukur dari satu. Jika harga keadaan tunak (*steady state*) tidak sama dengan satu, maka bisa digunakan rumus,

$$\% \text{ overshoot} = \frac{\text{nilai puncak} - \text{nilai steady state}}{\text{nilai steady state}} \times 100 \%$$

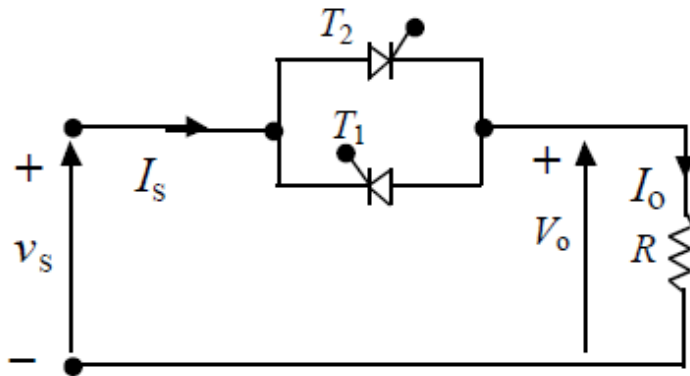
Besarnya (persen) lewatan maksimum secara langsung menunjukkan kestabilan relatif sistem.

5. Waktu penetapan, t_s : waktu penetapan (*settling time*) adalah waktu yang diperlukan kurva respon untuk mencapai dan menetap dalam daerah disekitar harga akhir yang ukurannya ditentukan dengan presentase mutlak dari harga akhir (biasanya 5% atau 2%). Waktu penetapan ini dikaitkan dengan konstanta waktu terbesar dari sistem kontrol. Kriteria presentase kesalahan yang akan digunakan ditentukan dari sasaran desain sistem yang ditanyakan (Ogata, 1995).

2.1.11 Pengontrol Tegangan AC

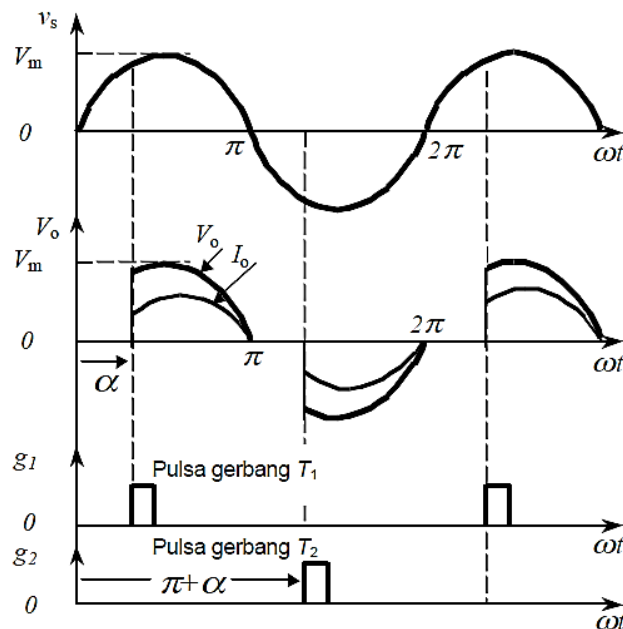
Untuk transfer energi, dua jenis pengontrol yang biasa digunakan yaitu kontrol *on-off* dan kontrol sudut fasa. Pada kontrol *on-off*, saklar thyristor menghubungkan beban dengan sumber ac selama beberapa putaran tegangan masukan dan diputus selama beberapa putaran yang lain. Pada kontrol sudut fasa, saklar thyristor menghubungkan beban dengan sumber ac untuk setiap bagian dari putaran tegangan masukan. Sehingga bila dibandingkan dengan kontrol *on-off*, kontrol sudut fasa dapat memberikan *range* pengaturan tegangan secara penuh (Rashid, 1999).

Prinsip dari kontrol sudut fasa untuk gelombang penuh satu fasa dapat dijelaskan berdasarkan rangkaian pada Gambar 2.3. Energi mengalir ke beban dikontrol dengan menunda sudut tembak (*firing angle*) thyristor T_1 dan sudut pemicuan thyristor T_2 (Rashid, 1999).



Gambar 2. 3 Rangkaian Pengontrol Gelombang Penuh Satu Fasa

Bentuk gelombang untuk tegangan masukan, tegangan keluaran, dan sinyal gerbang untuk T_1 dan T_2 ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Bentuk Gelombang Pengontrol AC

Selama setengah siklus positif dari tegangan masukan, anoda thyristor T_1 relatif positif terhadap katoda sehingga thyristor T_1 dalam kondisi terbias maju. Ketika thyristor T_1 dinyalakan/dipicu pada $\omega t = \alpha$ (α disebut sudut penyalaan/pemicuan), thyristor T_1 akan tersambung dan tegangan masukan akan muncul ke beban. Ketika tegangan masukan mulai negatif pada $\omega t = \pi$, anoda thyristor T_1 akan negatif terhadap katodanya dan thyristor T_1 disebut terbias mundur dan dimatikan. Selanjutnya pada saat tegangan masukan mulai negatif pada $\omega t = \pi$ ini, maka anoda thyristor T_2 relatif positif terhadap katoda dan thyristor T_2 berada dalam kondisi terbias maju. Sehingga ketika thyristor T_2 dinyalakan/dipicu pada $\omega t = \pi + \alpha$, thyristor T_2 akan tersambung dan tegangan masukan juga akan muncul ke beban, kemudian ketika tegangan masukan mulai positif lagi, maka thyristor T_2 akan dimatikan dan seterusnya, kembali seperti siklus awal.

2.1.12 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega328P. Arduino Uno memiliki 14 digital *pin input/output* (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, kristal osilator 16 MHz, koneksi USB, *jack adaptor*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Dengan segala fitur yang dimiliki Arduino Uno memuat semua yang diperlukan sebuah mikrokontroler, untuk mengaktifkannya hanya dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau *power adaptor AC-DC* atau baterai (Arduino, n.d.). Bentuk fisik Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Arduino Uno

Dan berikut dapat dilihat pada Tabel 2.2. merupakan Spesifikasi dari Arduino Uno.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino Uno

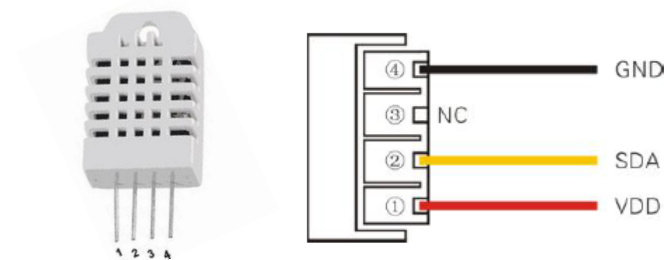
Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan Operasi	5V
Tegangan Input (disarankan)	7-12V
Tegangan Input (batas)	6-20V
Pin Digital I / O	14 (dimana 6 memberikan output PWM)
PWM Digital I / O Pins	6
Pin input analog	6
Arus DC per I / O Pin	20 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori flash	32 KB (ATmega328P) dimana 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Kecepatan jam	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjangnya	68,6 mm
Lebar	53,4 mm
Berat	25 g

Sumber : <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

2.1.13 Sensor DHT22

Berdasarkan Aosong Electronic (n.d.) DHT22 merupakan salah satu sensor suhu dan kelembaban yang juga dikenal sebagai sensor AM2302. Sensor ini hampir sama seperti sensor DHT11 yang juga memiliki empat kaki. Konfigurasi pin

DHT22 dapat dilihat pada Gambar 2.6. Dan untuk spesifikasi teknis sensor DHT22 ditunjukkan oleh Tabel 2.3.



Gambar 2. 6 Sensor DHT22

Sensor DHT22 ini memiliki beberapa kelebihan yaitu sebagai berikut :

1. Data hasil pengukuran sensor sudah berupa sinyal digital dengan konversi dan perhitungan dilakukan oleh MCU 8-bit.
2. Sensor terkalibrasi secara akurat dengan kompensasi suhu di ruang penyesuaian dengan nilai koefisien kalibrasi tersimpan dalam memori OTP terpadu.
3. Rentang hasil pengukuran suhu dan kelembaban sensor DHT22 lebih lebar.
4. Sensor mampu mentransmisikan sinyal hasil pengukuran melewati kabel yang panjang hingga 20 meter, sehingga cocok untuk ditempatkan di mana saja.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Teknis DHT22

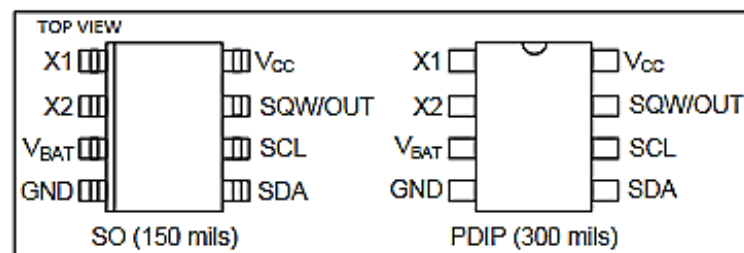
Spesifikasi	Keterangan
<i>Power supply</i>	<i>3.3-6V DC</i>
<i>Output signal</i>	<i>Digital signal via single-bus</i>
<i>Sensing element</i>	<i>Polymer capacitor</i>
<i>Operating range</i>	<i>Humidity 0-100%RH; Temp -40 ~ 80 C</i>
<i>Accuracy</i>	<i>Humidity $\pm 2\%RH$; Temp $< \pm 0.5 C$</i>
<i>Resolution or sensitivity</i>	<i>Humidity 0.1%RH; Temp 0.1 C</i>
<i>Repeatability</i>	<i>Humidity $\pm 1\%RH$; Temp $\pm 0.2 C$</i>
<i>Humidity hysteresis</i>	<i>Humidity $\pm 0.3\%RH$;</i>
<i>Long-term stability</i>	<i>Humidity $\pm 0.5\%RH/year$;</i>
<i>Sensing period</i>	<i>Average : 2 s</i>
<i>Interchangeability</i>	<i>Fully interchangeability</i>

Sumber : *Datasheet AM2302*

2.1.14 Real Time Clock (RTC) DS1307

Berdasarkan Dallas Semiconductor (n.d.) RTC tipe DS1307 merupakan jenis pewaktu yang menggunakan komunikasi serial untuk operasi *read/write*. Konfigurasi pin DS1307 bisa dilihat pada Gambar 2.7. RTC DS1307 mempunyai spesifikasi seperti berikut ini:

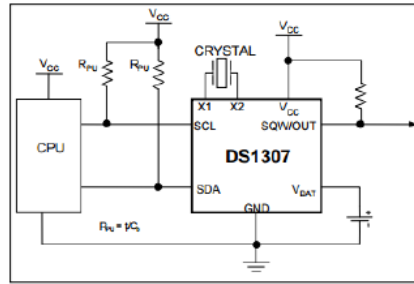
1. *Real-time clock* (RTC) menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100.
2. 56-byte, battery-backed, RAM *nonvolatile* (NV), RAM untuk penyimpanan.
3. Antarmuka serial *two-wire* (I2C).
4. Sinyal luaran gelombang-kotak terprogram (*Programmable squarewave*).
5. Deteksi otomatis kegagalan-daya (*power-fail*) dan rangkaian *switch*.
6. Konsumsi daya kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator.
7. Tersedia fitur industri dengan ketahanan suhu: -40°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$.
8. Tersedia dalam kemasan 8-pin.



Gambar 2. 7 Konfigurasi Pin DS1307

RTC DS1307 memiliki rangkaian yang dapat mendeteksi gangguan listrik sehingga saat terjadi gangguan tersebut, supply daya RTC beralih ke baterai cadangan, dengan begitu akurasi waktu terus berlangsung selama adanya supply

cadangan tersebut. Berikut gambar rangkaian DS1307 dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Rangkaian RTC DS1307

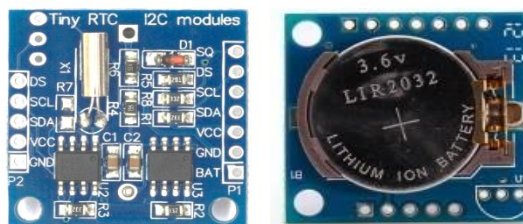
Tabel 2.4. menjelaskan tentang fungsi dari setiap pin pada modul RTC DS1307.

Tabel 2. 4 Fungsi Pin DS1307

No	NamaPin	Fungsi
1	X1	Connections 32.768kHz Crystal
2	X2	Connections 32.768kHz Crystal
3	VBAT	Battery Input (+3V)
4	GND	Ground
5	SDA	Serial Data
6	SCL	Serial Clock Input
7	SQW/OUT	Square Wave/Output Driver
8	VCC	Supply Power

Sumber : *Datasheet DS1307*

Modul RTC DS1307 adalah IC RTC yang telah dilengkapi dengan komponen pendukung lainnya seperti crystal sebagai sumber *clock* dan *Battery External* 3,6 Volt sebagai sumber energy cadangan agar fungsi penghitung tidak berhenti. Berikut bentuk fisik modul RTC DS1307 pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Modul RTC DS1307

2.1.15 Motor AC

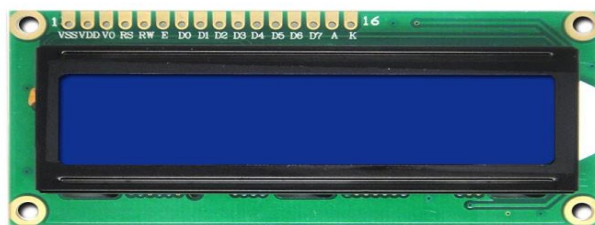
Motor yang digunakan sebagai pemutar telur dalam penelitian ini adalah jenis Synchronous Motor AC. Motor ini dapat beroperasi searah jarum jam atau berlawanan jarum jam CW/CCW. Selain itu motor ini beroperasi pada rpm yang rendah 5-6 rpm yang membuatnya dapat digunakan sebagai penggerak pemutaran telur dimana putaran yang dihasilkan tidak akan membuat telur berguncang. Gambar 2.10 menunjukkan gambar motor AC yang digunakan.



Gambar 2. 10 Motor AC

2.1.16 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan perangkat *display* yang dapat menampilkan karakter atau grafik. Pada penelitian ini menggunakan LCD *Character* 16x2 yang digunakan untuk menampilkan informasi suhu dan kelembapan. Gambar 2.11. memperlihatkan bentuk fisik dari *Liquid Crystal Display* 16x2.



Gambar 2. 11 LCD 16x2

2.1.17 Lampu pijar

Lampu pijar (*incandescent*) adalah lampu yang dalam hal pencahayaan sangat tidak efisien karena 90% energi listrik yang digunakan diubah menjadi panas (Dwiminarni, 2011). Namun pada penelitian ini panas yang dihasilkan lampu pijar dapat digunakan sebagai *heater* atau pemanas pada mesin tetas. Dengan jumlah yang sesuai lampu pijar dapat menghasilkan panas yang cukup untuk proses penetasan. Gambar 2.12 menunjukkan bentuk lampu pijar.



Gambar 2. 12 Lampu Pijar

2.1.18 *Ultrasonic Humidifier*

Ultrasonic humidifier adalah alat yang menguapkan air dengan menggunakan sebuah membran diafragma yang bergetar pada frekuensi ultrasonik. *Ultrasonic humidifier* menggunakan transduser dengan efek *piezoelektrik*, yaitu dengan akumulasi muatan listrik ketika diberi beban mekanis atau sebaliknya untuk menghasilkan getaran mekanis pada membran. Transduser *piezoelektrik* yang terletak di bawah permukaan air bergetar pada frekuensi ultrasonik yang tidak bisa didengarkan manusia (> 20 kHz) yang menghasilkan butiran air yang setara dengan ukuran uap air. Uap air yang dihasilkan dapat digunakan menaikkan kelembapan pada mesin tetas (Ferizki, 2017). Gambar 2.13 menunjukan perangkat *Ultrasonic humidifier* yang digunakan.



Gambar 2. 13 Ultrasonic Humidifier

2.1.19 Kipas DC

Kipas angin DC adalah perangkat yang berfungsi untuk mengatur kecepatan aliran udara. Bagian utama penyusun kipas angin DC adalah sebuah motor DC. Prinsip kerja motor pada kipas DC pada dasarnya adalah sama dengan prinsip kerja motor DC pada umumnya (Agung & Farhan, 2013). Bentuk fisik dari kipas DC yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Kipas DC

2.1.20 Piezo Buzzer

Piezo buzzer atau bisa disebut pembunyi digunakan sebagai penanda atau indikator lewat suara atau bunyi yang dihasilkan. Piezo buzzer menggunakan kristal yang berubah bentuk saat arus melewatinya. Perubahan arus terjadi ratusan kali per detik. Dan akibat bentuk perubahan kristal, gelombang suara diproduksi sehingga dapat menghasilkan suara. Piezo buzzer dapat diaktifkan dengan memberikan GND pada salah satu pin dan memberikan sinyal pada pin yang lainnya. (Monk, 2016). Gambar 2.15. memperlihatkan bentuk dari piezo buzzer.



Gambar 2. 15 Piezo Buzzer

2.1.21 Baterai (AKI)

Baterai atau aki, atau bisa juga *accu* adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia sehingga dapat digunakan pada tempat atau waktu yang lain. Aki termasuk sel sekunder, karena selain menghasilkan arus listrik, aki juga dapat diisi arus listrik kembali. Ini karena reaksi kimia dalam sel dapat dibalikkan arahnya. Jadi saat sel diisi / *charge*, energi listrik diubah menjadi energi kimia, dan sewaktu sel bekerja, energi kimia diubah menjadi energi listrik (Umar, Dkk. 2014). Baterai atau aki yang digunakan dalam penelitian ini berkapasitas 12V 10Ah, yang artinya akumulator tersebut bertegangan 12 Volt dan memiliki kemampuan mengalirkan arus sebesar 10 Ampere selama 1 jam. Gambar 2.16. menunjukkan gambar baterai (aki).



Gambar 2. 16 Baterai

2.1.22 Perangkat Inverter

Menurut Manai (2014) perangkat inverter adalah komponen yang digunakan untuk mengubah sumber arus listrik searah (DC) menjadi sumber arus listrik bolak-balik (AC). Pada umumnya inverter mengkonversi arus listrik searah (DC) dari sebuah baterai, panel surya atau *solar cell* sehingga dapat menjadi sumber arus listrik bolak-balik. Ada dua tipe inverter yang ada di pasaran, yaitu inverter biasa dan *grid tie* inverter. Keduanya berbeda pada kemampuan melakukan sinkronisasi keluaran gelombang sinus arus listriknya. Tipe *grid* biasanya dikenal sebagai *T-Grid*. Inverter tipe *grid tie* mempunyai kemampuan otomatis keluarannya bisa langsung mensuplai dan dapat bekerja dengan jala-jala PLN. Hal ini dikarenakan inverter tipe *grid tie* mempunyai keluaran yang mana arus listriknya dapat bersinkronisasi dengan jala-jala PLN. Pada penelitian ini inverter digunakan apabila selama proses penetasan telur terjadi pemadaman listrik maka digunakan perangkat inverter untuk mengubah arus listrik DC baterai 12V menjadi arus listrik AC 220V sehingga mesin penetas dapat bekerja. Dan perangkat inverter yang digunakan adalah *TBE Pure Sine Wave Inverter 300 Watt* yang bisa dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 17 Inverter

2.2 Penelitian yang Relevan

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rama, dkk. (2016) tentang Pengaruh Umur Induk dan Posisi Peletakan Telur pada Mesin Tetas Terhadap Daya Tetas Telur Ayam Buras (*Gallus gallus domesticus*), didapat kesimpulan bahwa posisi peletakan telur di dalam mesin tetas secara horizontal maupun vertikal tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap daya tetas telur. Dengan perlakuan dalam penelitian yang dilakukan adalah :

Perlakuan pertama yakni umur induk yang berbeda (U)

U_1 = 1,5 Tahun

U_2 = 2,5 Tahun

Perlakuan kedua yakni posisi penempatan telur di dalam mesin tetas (P)

P_1 = Posisi Vertikal

P_2 = Posisi Horizontal

Secara numerik faktor umur indukan 2,5 tahun dan posisi peletakan telur secara horizontal memiliki persentase daya tetas tertinggi mencapai 80%. Tabel 2.5. menunjukkan hasil penelitian yang dilakukan.

Tabel 2. 5 Rata-rata daya tetas ayam buras (%) dari dua umur indukan dan posisi telur yang berbeda.

Variabel	Perlakuan			
	U_1P_1	U_1P_2	U_2P_1	U_2P_2
Daya Tetas	70 ^a	68 ^a	66 ^a	80 ^a

Sumber : Rama, dkk. (2016)

Sementara menurut penelitian yang dilakukan oleh Bachari, dkk. (2006) tentang Pengaruh Frekuensi Pemutaran Telur Terhadap Daya Tetas dan Bobot Badan DOC Kampung didapat kesimpulan bahwa Frekuensi pemutarantelur 4, 8,

12 kali/hari dalam proses penetasan tidak berpengaruh terhadap daya tetas, mortalitas dan persentase anak normal. Namun terhadap bobot badan DOC dari telur yang menetas sangat berpengaruh. Bobot badan DOC yang tertinggi diperoleh dari frekuensi pemutaran telur 12 kali/hari. Tabel 2.6. menunjukkan hasil penelitian yang dilakukan. Metode penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) di mana 3 perlakuan dan 6 ulangan. Dengan perlakuan perbedaan frekuensi pemutaran telur tetas ayam kampung yaitu :

R₁ = Pemutaran 4 kali per hari (pukul 08.00, 14.00, 20.00, 02.00 WIB)

R₂ = Pemutaran 8 kali per hari (pukul 08.00, 11.00, 14.00, 17.00, 20.00, 23.00, 02.00, 05.00 WIB)

R₃ = Pemutaran 12 kali per hari (pukul 08.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00, 18.00, 20.00, 22.00, 24.00, 02.00, 04.00, 06.00 WIB)

Tabel 2. 6 Pengaruh Frekuensi Pemutaran Telur Terhadap Daya Tetas dan Bobot Badan DOC Kampung, Mortalitas dan Presentase Anak Normal Selama Penelitian.

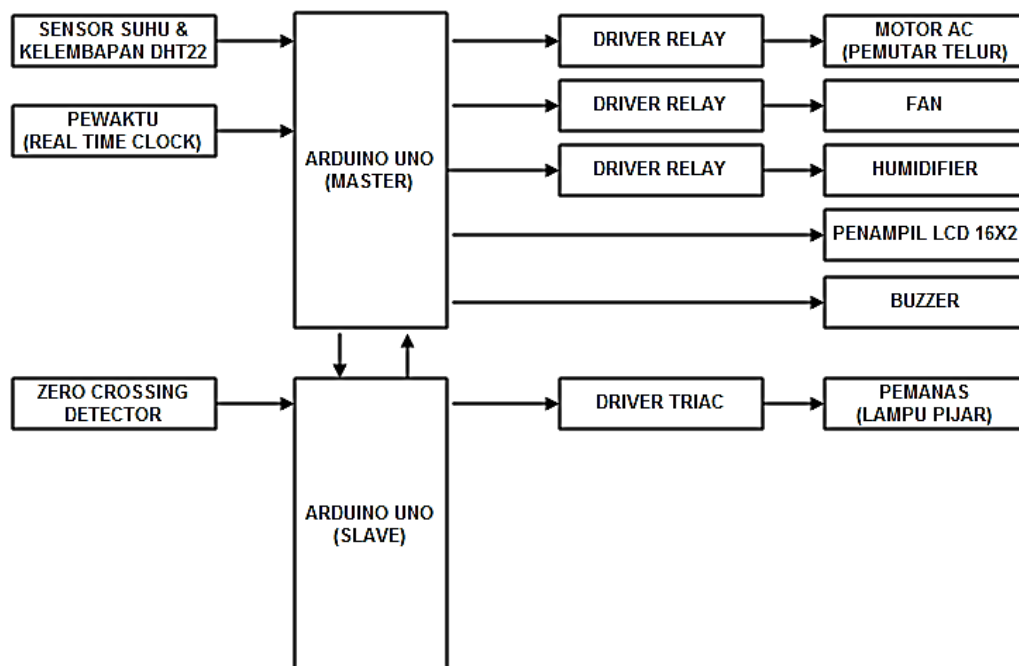
Parameter yang diamati	Perlakuan		
	R1	R2	R3
Daya tetas (%)	66.67tn	68.33tn	70.00tn
Bobot Badan DOC (g)	34.19A	34.64AB	37.71C
Mortalitas (%)	33.33tn	31.67tn	30.00tn
Persentase anak normal (%)	93.75tn	95.83tn	97.92tn

Sumber : Bachari, dkk. (2006)

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh bahwa persentase daya tetas tertinggi pada perlakuan frekuensi pemutaran telur terdapat pada perlakuan R3 (12 kali) sebesar 70% dan yang terendah pada perlakuan R1(4 kali) sebesar 66,67%. Sedangkan untuk rata-rata daya tetas dari pengaruh frekuensi pemutaran telur terhadap telur ayam kampung selama penelitian sebesar 68,33%. Pada penelitian ini pengaruh frekuensi pemutaran telur meningkatkan daya tetas sebesar 1,67%.

2.3 Kerangka Berpikir

Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino dalam rangka membuat mesin tetas dengan tingkat daya tetas yang tinggi harus memperhatikan pengendalian dan monitoring suhu, kelembapan, sirkulasi udara, pemutaran telur, dan kebersihan ruang inkubator. Suhu dalam mesin tetas selama proses penetasan harus tetap dijaga pada suhu tetas yang ditentukan. kelembapan dalam mesin tetas juga perlu di perhatikan, kelembapan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan telur gagal berkembang. selain suhu dan kelembapan pemutaran telur juga memegang peranan penting dalam keberhasilan penetasan telur. Telur harus diputar untuk meratakan suhu dan mencegah embrio menempel pada salah satu sisi kerabang telur. Dalam penelitian ini dirancang sistem yang mengakomodir kebutuhan-kebutuhan untuk membuat mesin penetas telur otomatis yang baik sehingga diharapkan mesin penetas telur yang dibuat mempunyai daya tetas yang tinggi. Gambaran sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2. 18 Blok Diagram

2.4 Alur Kerja Sistem

Sensor DHT22 digunakan sebagai *detector* suhu dan kelembapan dimana data dari sensor akan diproses oleh arduino untuk mengatur suhu dan kelembapan pada inkubator. Pengaturan suhu pada ruang inkubator menggunakan kontroler PID dan rangkaian pengontrol sudut fasa AC yang memungkinkan panas yang diberikan oleh pemanas dapat diatur sehingga suhu yang dihasilkan dapat stabil atau dipertahankan pada nilai yang ditentukan. Sebelum menggunakan kontroler PID perlu dilakukan *tuning* parameter PID agar respon dari sistem sesuai yang diinginkan. *tuning* parameter PID dilakukan dengan metode *hand tuning* dengan melakukan eksperimen pemberian parameter PID.

Sistem yang dirancang menggunakan 2 buah mikrokontroler arduino uno dikarenakan terdapat proses interupsi pendeteksi persilangan titik nol untuk pemicuan TRIAC pada gelombang AC yang terdeteksi setiap 20ms, hal ini mengganggu proses *time sampling* kontroler PID yang bekerja setiap 1 detik. Untuk itu digunakan 2 buah arduino sebagai *master* dan *slave* untuk memisahkan antara proses PID dan *zero crossing detector* yang dihubungkan dengan koneksi *serial I2C* menggunakan 2 pin (SDA dan SCL). *Output* PID akan dikirim arduino master ke arduino slave yang selanjutnya diproses untuk pemicuan / trigger TRIAC sehingga *level heater* dapat dikontrol.

Sementara untuk pengaturan kelembapan menggunakan kontroler *ON-OFF* jika kelembapan kurang dari kelembapan minimal yang ditentukan maka *humidifier* akan *ON* dan kipas akan *OFF* hal ini bertujuan untuk menambah kelembapan pada ruang mesin tetas, sebaliknya jika kelembapan melebihi kelembapan maksimal maka *humidifier* akan *OFF* dan kipas akan *ON* hal ini bertujuan untuk mengurangi

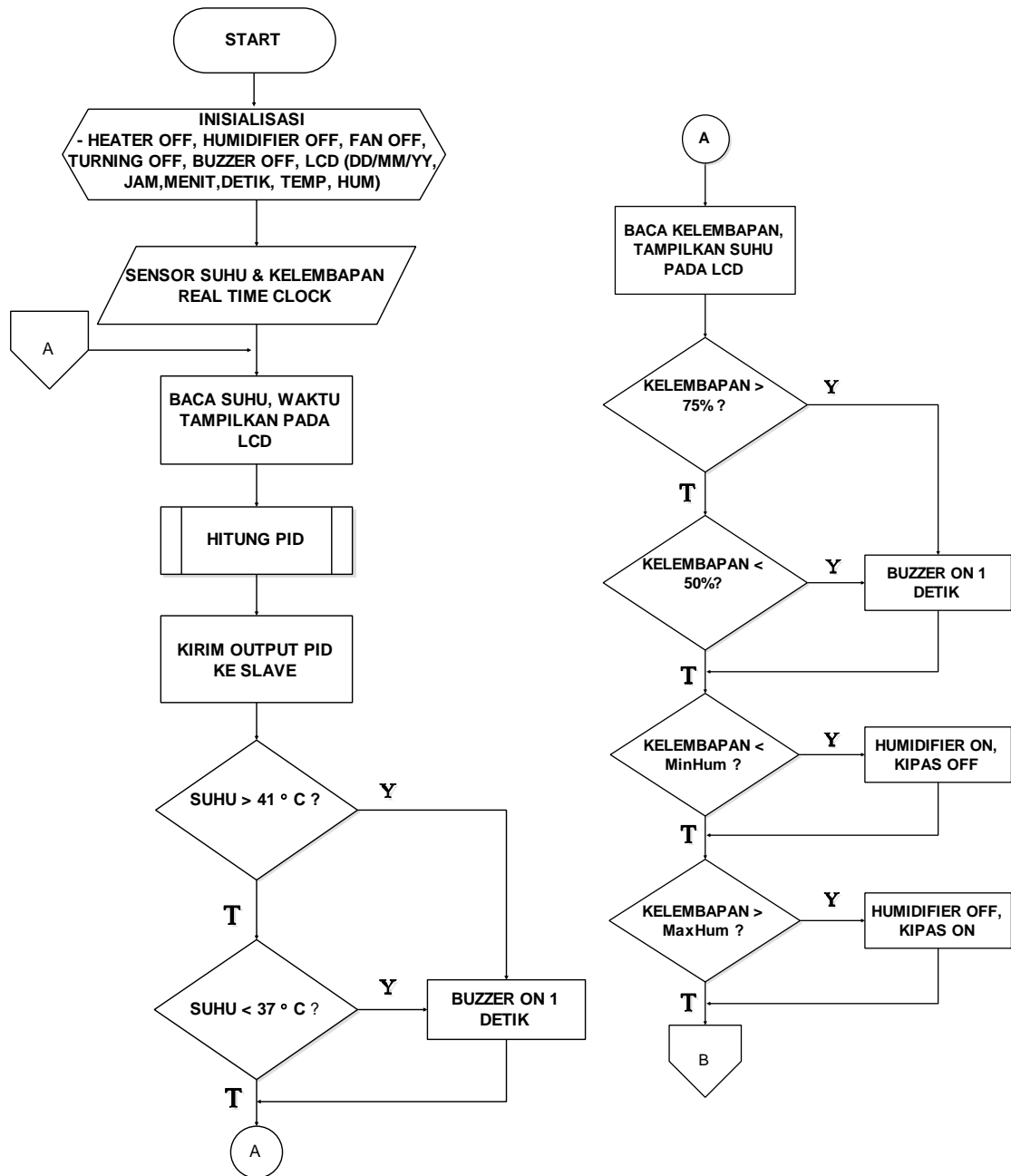
kelembapan pada ruang mesin tetas.. Suhu dan kelembapan dapat dimonitoring secara langsung lewat LCD 16x2.

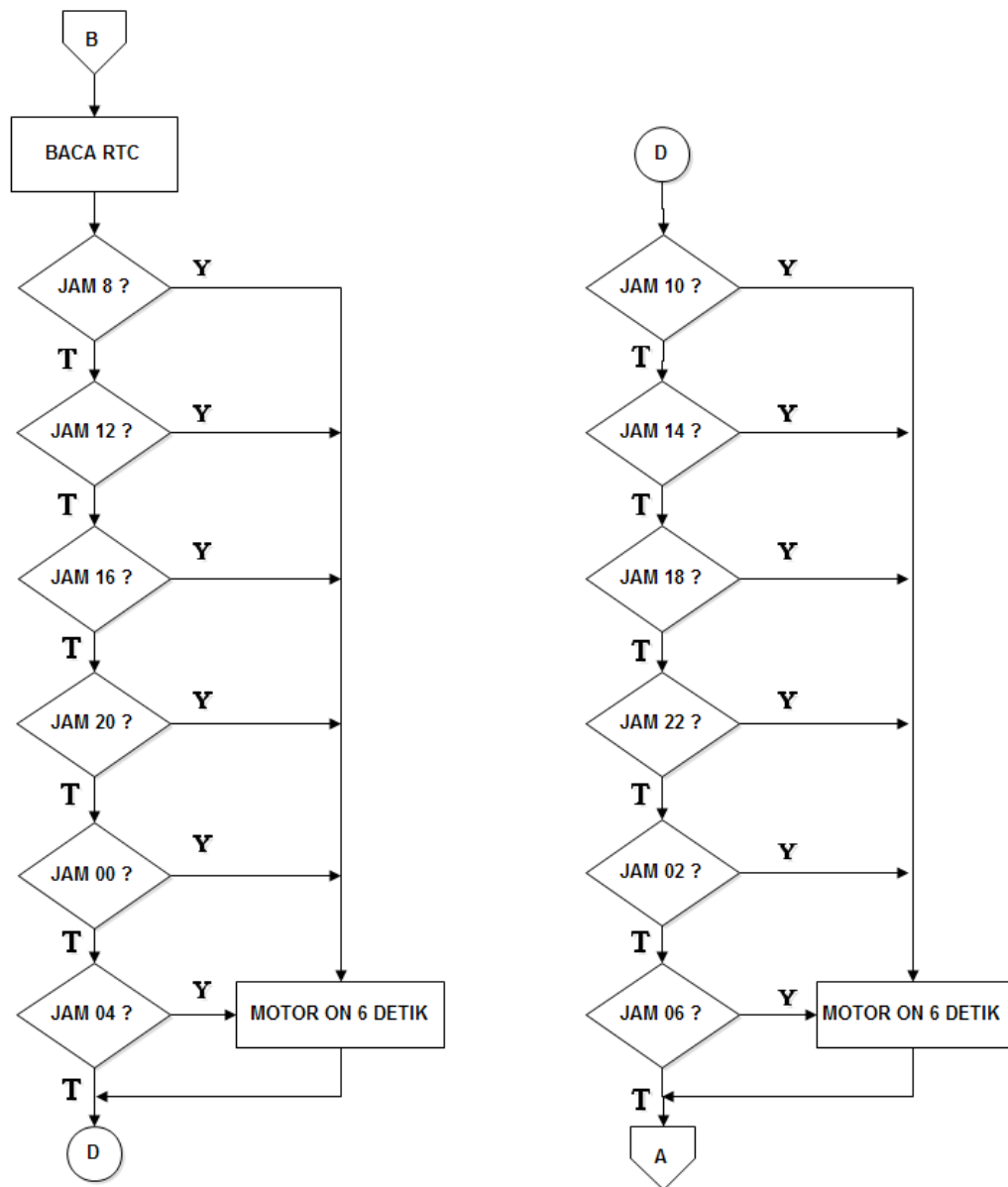
RTC (*Real Time Clock*) digunakan untuk mengatur waktu proses pemutaran telur. Pemutaran telur dilakukan setiap 2 jam sekali secara terus menerus selama proses penetasan dengan menggunakan motor AC. Telur akan diputar 180° searah jarum jam (*clockwise*) dan 180° berlawanan jarum jam (*counter clockwise*) hal ini bertujuan untuk mendapatkan panas yang merata pada telur dan mencegah agar embrio tidak lengket pada sisi kerabang .

Buzzer digunakan sebagai indikator atau tanda suatu keadaan abnormal atau hal yang tidak semestinya terjadi seperti suhu terlalu tinggi, suhu terlalu rendah, kelembaban terlalu tinggi atau kelembaban yang terlalu rendah. Saat hal-hal tersebut terjadi buzzer akan berbunyi sebagai penanda.

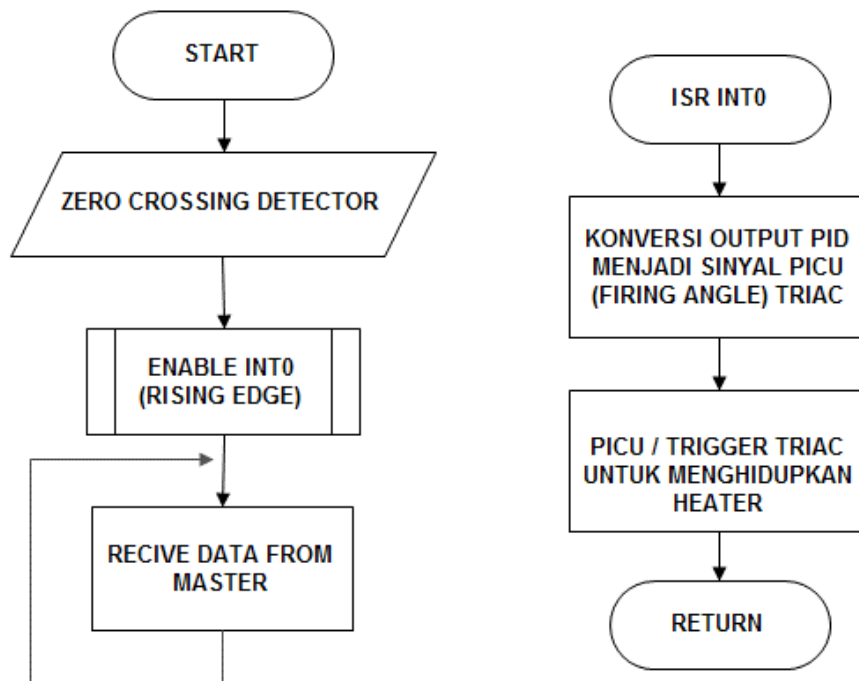
Sementara jika selama proses penetasan terjadi pemadaman listrik dari sumber jala-jala listrik PLN, alat ini dilengkapi dengan perangkat penyedia daya listrik cadangan yang terdiri dari baterai dan perangkat inverter. Saat sumber daya listrik utama tidak tersedia maka daya listrik langsung otomatis diambil dari inverter dengan menggunakan rangkaian pengalih tegangan yang mana rangkaianya menggunakan relay AC sebagai pensaklaran sehingga dapat otomatis mengalihkan sumber daya listrik.

Selama proses penetasan digunakan perangkat CCTV sebagai perekam gambar atau video. Video yang terekam akan menjadi bukti dokumentasi penelitian yang akan dilakukan.. Gambar 2.19 menunjukkan *flowchart* arduino *master* dan Gambar 2.20 menunjukkan *flowchart* arduino *slave*.





Gambar 2. 19 Flowchart Arduino Master



Gambar 2. 20 Flowchart Arduino Slave

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan Pembuatan Mesin Penetas Telur Berbasis Arduino adalah merancang sistem kontrol suhu yang mempunyai tingkat kestabilan tinggi, sistem kontrol kelembapan, sistem pemutaran telur otomatis dan sistem catu daya cadangan pada mesin penetas telur otomatis. Dengan begitu diharapkan mesin penetas telur yang dibuat mempunyai daya tetas yang tinggi.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta dan proses penetasan dilakukan di rumah peneliti yang bertempat di Kp.Pedurenan RT02/RW07 No.64 Kel.Jatiluhur, Kec.Jatiasih, Kota Bekasi pada bulan Juli 2017 - Februari 2018.

3.3 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam pembuatan mesin penetas telur berbasis mikrokontroler adalah menggunakan metodologi Rekayasa Teknik yang meliputi beberapa tahapan diantaranya: Desain sistem, perancangan *hardware*, perancangan *software*, pengujian *hardware*, pengujian *software*, dan analisis pengujian mesin penetas telur otomatis berbasis arduino.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang akan digunakan pada proses penelitian pembuatan mesin penetas telur otomatis berbasis arduino digunakan sebagai pendukung dalam proses penelitian tersebut. Alat dan bahan penelitian yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian

No	Alat dan Bahan	Jumlah	Keterangan
1.	Arduino Uno	2	Digunakan sebagai pemroses <i>input</i> dan <i>output</i>
2.	Sensor DHT22	1	Digunakan sebagai pendeteksi suhu dan kelembapan
3.	Lampu pijar 5 watt dan fitting	4	Digunakan sebagai pemanas
4.	Humidifier 24V DC	1	Digunakan sebagai pelembap
5.	LCD 16x2	1	Digunakan sebagai penampil sistem
6.	Kipas DC	1	Digunakan sebagai sirkulasi udara
7.	RTC DS1307	1	Digunakan sebagai pewaktu
8.	Piezo Buzzer	1	Digunakan sebagai Pembunyi
9.	Power Supply 24V DC	1	Digunakan sebagai sumber tegangan DC
10.	Adaptor 12V DC	1	Digunakan sebagai <i>supply</i> Arduino
11.	Motor AC 4-6 rpm	1	Digunakan sebagai pemutar telur
12.	Inverter 300 watt pure sine wave	1	Digunakan sebagai pengubah tegangan AKI menjadi arus AC
13.	Baterai 12V 10Ah	1	Digunakan sebagai sumber catu daya cadangan
14.	Relay AC Omron	1	Digunakan sebagai transfer swith
15.	Saklar Button	2	Digunakan sebagai saklar power dan turning

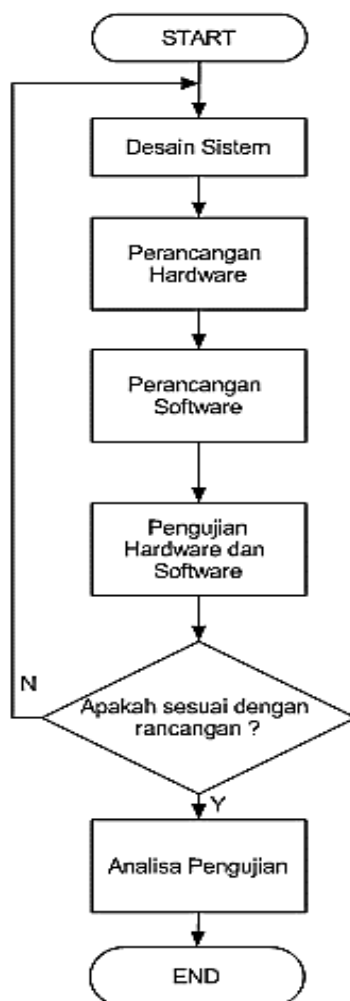
16.	Push Button	1	Digunakan sebagai manual turning
17.	Rangkaian Regulator	1	Digunakan sebagai penurun tegangan
18.	Zero crossing detector	1	Digunakan sebagai pendeteksi pesilangan titik nol arus AC
19.	Driver Relay 3 Channel	1	Digunakan sebagai pensaklaran perangkat output
20.	Driver TRIAC	1	Digunakan sebagai kontrol heater
21.	Fuse	1	Digunakan sebagai pengaman
22.	Charger Baterai	1	Digunakan sebagai pengisi AKI
23.	Thermohygrometer HTC-02	1	Digunakan sebagai pengukur suhu dan kelembapan
24.	Bak plastik	1	Digunakan sebagai wadah air
25.	Camera CCTV	1	Digunakan sebagai bukti penelitian
26.	Laptop	1	Digunakan sebagai pemrogram
27.	Multimeter	1	Digunakan untuk pengukuran listrik
28.	Osiloskop digital	1	Digunakan untuk melihat gelombang output sistem

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Metode penelitian dapat didefinisikan sebagai proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru dan menyempurnakan produk yang telah ada serta akan memberikan gambaran atas suatu riset yang akan dilakukan.

Metode penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah metode rekayasa teknik yaitu dengan studi literatur dan penerapan langsung dilapangan, serta memiliki beberapa langkah penelitian lainnya sehingga pada saat pada saat pembuatan alat sudah ditentukan langkah-langkah yang akan di lakukan.

Langkah-langkah perancangan mesin penetas telur otomatis seperti pada Gambar 3.1.

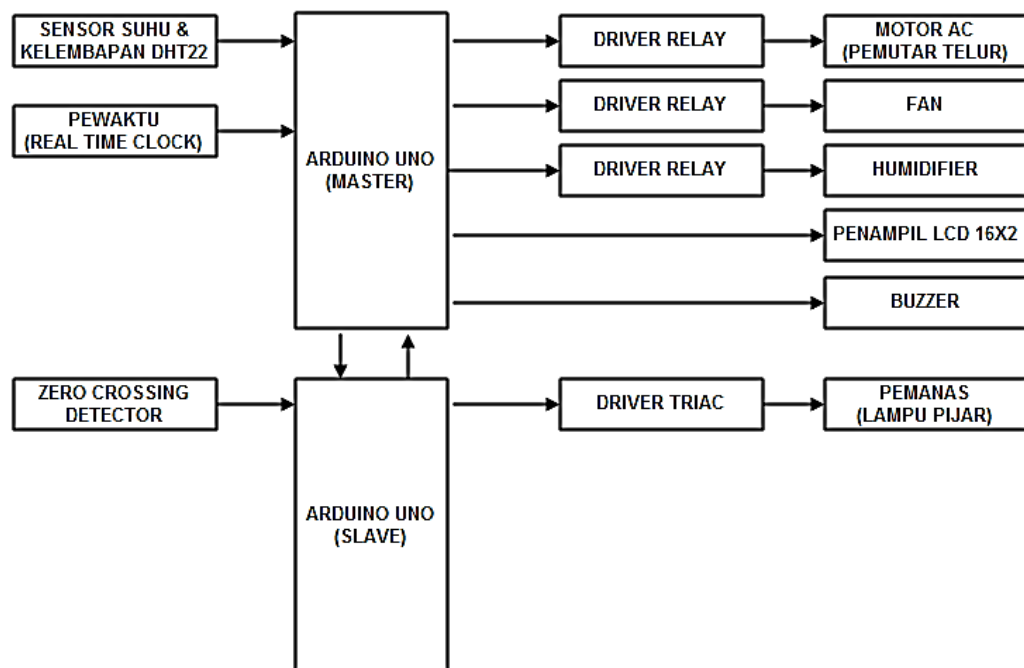


Gambar 3. 1 Langkah-Langkah Perancangan Alat

3.5.1 Desain Sistem

Desain sistem adalah hal pertama yang harus dilakukan dalam perancangan Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino. Pada tahapan ini peneliti menuangkan pikiran dan perancangan sistem terhadap solusi dari permasalahan yang ada dengan menggunakan perangkat pemodelan sistem seperti desain sistem dan spesifikasi alat yang dirancang. Spesifikasi mesin penetas telur otomatis berbasis mikrokontroler yang dirancang adalah :

1. Jenis telur yang bisa ditetaskan adalah telur ayam kampung.
2. Suhu yang diatur sebesar 39°C sesuai dengan suhu yang dibutuhkan untuk penetasan telur ayam yang berkisar antara 38.33-40.55 °C.
3. Kelembapan dalam mesin tetas sebesar 52%-55%.
4. Sistem pemutaran telur 180° secara otomatis setiap 2 jam sekali.
5. Proses peneropongan telur dilakukan secara manual.
6. Kapasitas telur dalam mesin tetas sebanyak 60 butir telur ayam kampung.
7. Sumber listrik cadangan menggunakan baterai berkapasitas 10Ah dan perangkat inverter *pure sine wave* 300W.

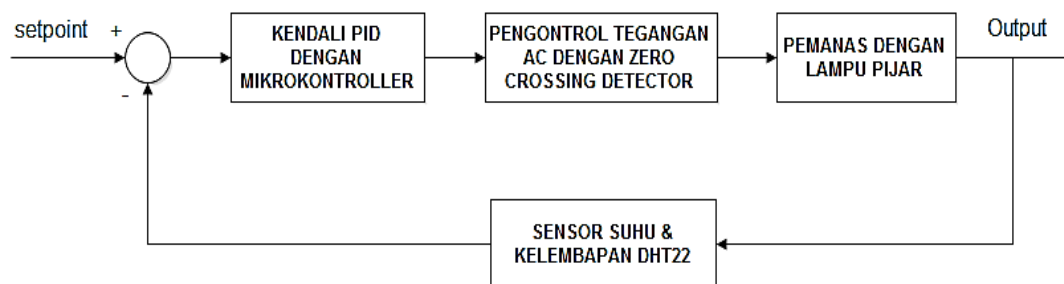


Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem

Gambar 3.2. adalah perancangan diagram blok utama dari sistem Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino. Dalam sistem ini memiliki 3 input diantaranya sensor DHT22, RTC (*real time clock*) DS1307 dan *zero crossing detector*. Sedangkan untuk outputnya berjumlah 6 yaitu lampu pijar, *ultrasonic*

humidifier, kipas DC, motor AC, piezo buzzer dan LCD 16x2. Sistem yang dirancang terdiri dari 3 subsistem utama yaitu pengendalian suhu, pengendalian kelembapan dan pengendalian pemutaran telur.

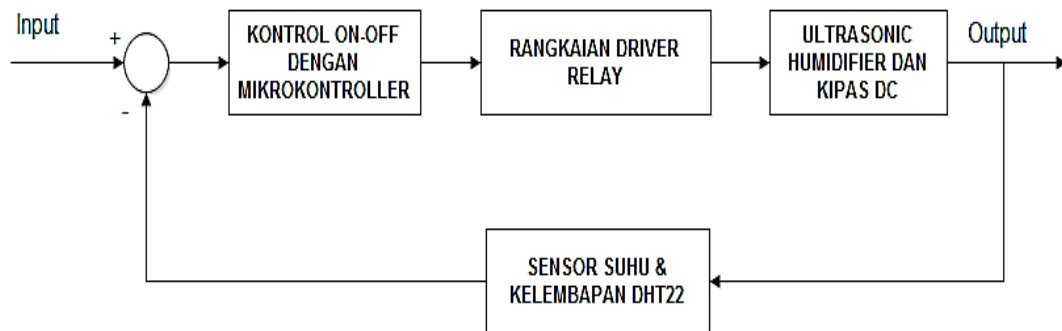
Diagram blok pengendalian suhu dapat dilihat pada Gambar 3.3. untuk mendapatkan suhu yang stabil selama proses penetasan digunakan kendali PID dengan mikrokontroler. Sumber pemanas yang digunakan adalah lampu pijar. Pengendali tegangan AC digunakan untuk memberikan *range* pengaturan tegangan secara penuh, sehingga panas yang dihasilkan lampu pijar dapat diatur sesuai dengan *setpoint* yang diberikan. Sementara untuk membaca nilai suhu digunakan sensor DHT22 sehingga dapat memberikan informasi pengukuran suhu yang dapat diproses pada mikrokontroler.



Gambar 3. 3 Diagram Blok Pengendalian Suhu

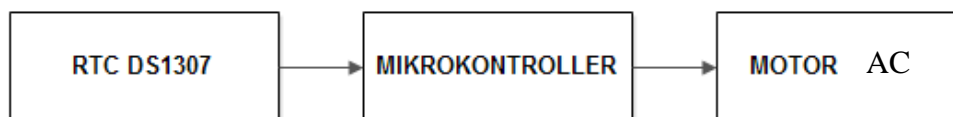
Diagram blok pengendalian kelembapan dapat dilihat pada Gambar 3.4. untuk pengendalian kelembapan digunakan perangkat *ultrasonic humidifier* yang akan meningkatkan kelembapan dalam mesin tetas. Sementara untuk mengurangi nilai kelembapan digunakan kipas DC yang mana akan mengeluarkan udara lembap keluar dari mesin tetas. Sensor DHT22 digunakan juga untuk mendeteksi kelembapan dimana nilai kelembapan yang terbaca akan menjadi acuan mikrokontroler yang akan mengendalikan relay dengan sistem kontrol *ON-OFF*

sesuai dengan nilai input kelembapan yang ditentukan berdasarkan kebutuhan kelembapan selama proses penetasan.



Gambar 3. 4 Diagram Blok Pengendalian Kelembapan

Sementara untuk diagram blok pengendalian pemutaran telur dapat dilihat pada Gambar 3.5. dimana dalam pengendalian pemutaran telur digunakan motor AC sebagai aktuator untuk membalikan telur. Perangkat RTC (*real time clock*) digunakan sebagai pewaktu proses pemutaran telur sehingga pemutaran telur dapat dilakukan secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditetapkan.



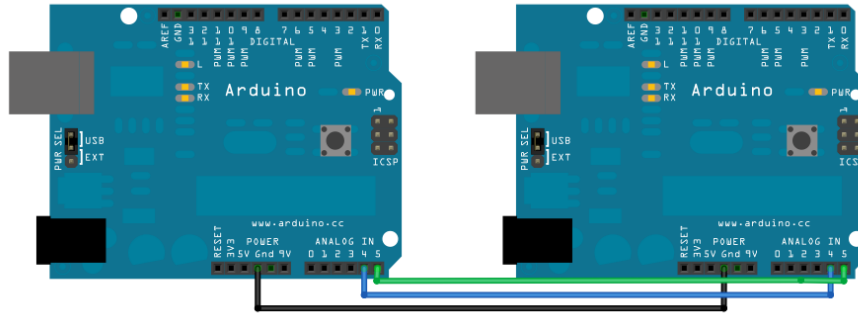
Gambar 3. 5 Diagram Blok Pemutaran Telur

3.5.2 Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* menentukan keberhasilan suatu sistem. Dalam perancangan perangkat keras dirancang agar sesuai dengan kebutuhan *Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino* agar berjalan dengan baik dan sesuai yang diharapkan.

3.5.2.1 Sistem Mikrokontroler

Dalam pembuatan dan pengujian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino terlebih dahulu harus menentukan sistem kendalanya. Sistem kendali yang digunakan untuk pembuatan alat ini adalah 2 buah Arduino Uno yang dihubungkan *master* dan *slave* dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Konfigurasi Arduino *Master & Slave*

Program atau sketch yang digunakan untuk menghubungkan 2 arduino dengan konfigurasi *master* dan *slave* sehingga arduino *master* dapat mengirimkan nilai *output* data ke arduino *slave* ditunjukkan pada paragraf berikut ini.

Program arduino *master* :

```

1  #include <Wire.h>
2  byte dimming;
3
4  void setup() {
5  Wire.begin();
6  }
7
8  void loop(){
9  Wire.beginTransmission(8);
10 Wire.write("level");
11 Wire.write(dimming);
12 Wire.endTransmission();
13 }

```

Program arduino *slave* :

```

1  #include <Wire.h>
2  Int dimming;
3

```



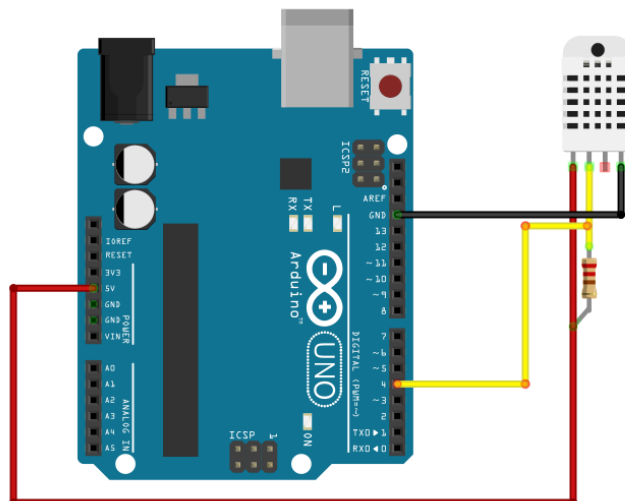
```

4 void setup(){
5   Wire.onReceive(receiveEvent);
6 }
7
8 void loop() {
9   void reciveEvent();
10 }
11
12 void receiveEvent() {
13   while (1 < Wire.available()) {
14     char c = Wire.read();
15   }
16   float dimming = Wire.read();
17 }

```

3.5.2.2 Sensor Suhu dan Kelembapan

Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, penulis menggunakan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan di dalam mesin tetas digunakan. Gambar 3.7. menunjukkan konfigurasi sensor suhu dan kelembapan DHT22.



Gambar 3. 7 Konfigurasi Sensor DHT22

Program atau sketch yang digunakan untuk membaca hasil sensor suhu dan kelembapan ditunjukkan pada paragraf berikut ini.

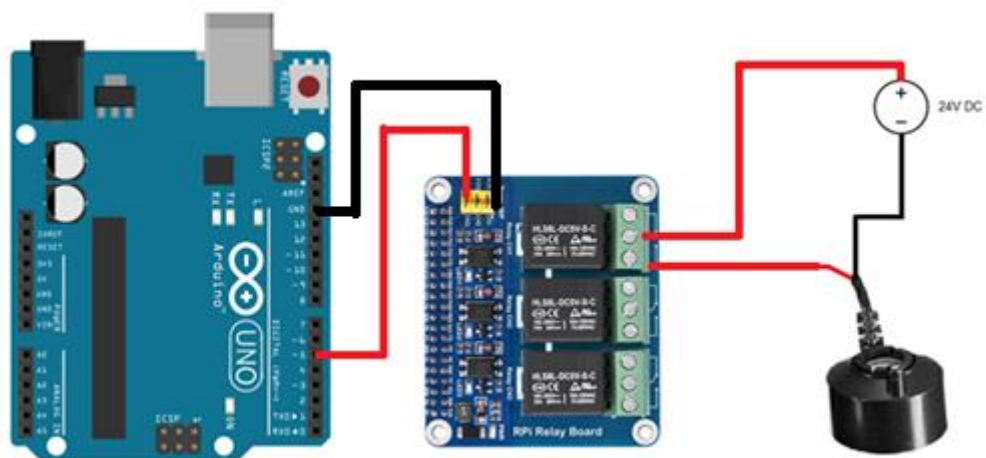
```

1  #include <dht.h>
2  #define DHT22_PIN 4
3  dht DHT;
4  float temp;
5  float hum;
6
7  void setup() {
8  Serial.begin(9600);
9  }
10 void loop(){
11 int chk = DHT.read22(DHT22_PIN);
12 hum = DHT.humidity;
13 temp = DHT.temperature;
14 Serial.print("SUHU    :");
15 Serial.println(temp);
16 Serial.print("KELEMBAPAN :");
17 Serial.println(hum);
18 }

```

3.5.2.3 Ultrasonic Humidifier

Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, peneliti menggunakan *Ultrasonic Humidifier 24V DC* sebagai aktuator untuk meningkatkan kelembapan. Untuk Konfigurasi *Ultrasonic Humidifier 24V DC* diperlukan perangkat relay. Relay yang digunakan adalah relay 5V DC. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Konfigurasi Humidifier

Program atau sketch yang digunakan untuk kontrol perangkat *ultrasonic humidifier* ditunjukkan pada paragraf berikut ini.

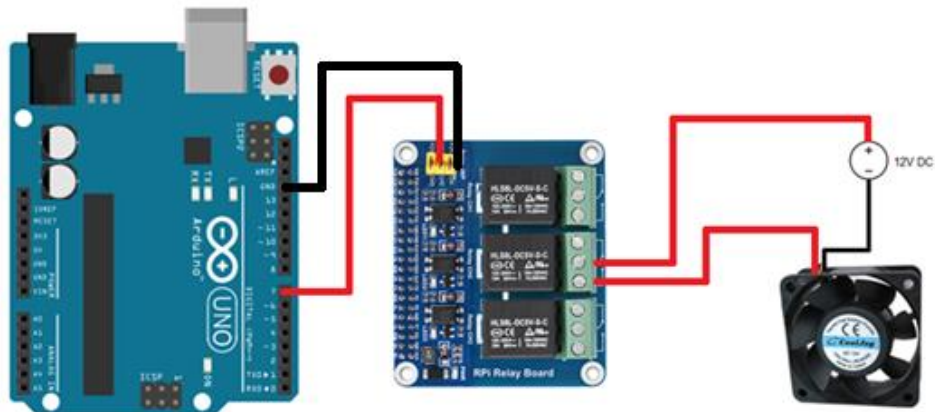
```

1  #include <dht.h>
2  #define DHT22_PIN 4
3  dht DHT;
4  float hum;
5  int humidifier = 5;
6  void setup() {
7    Serial.begin(9600);
8  }
9
10
11 void loop(){
12 int chk = DHT.read22(DHT22_PIN);
13 hum = DHT.humidity;
14 Serial.print("KELEMBAPAN : ");
15 Serial.println(hum);
16 if (hum < 52 ){
17 digitalWrite(humidifier, HIGH );
18 }
19 if (hum > 55 ){
20 digitalWrite(humidifier, LOW);
21 }
22 if (hum < 55 && hum1 > 52 ){
23 digitalWrite(humidifier, LOW);
24 }
25 if (hum > 55 && hum1 < 52 ){
26 digitalWrite(humidifier, LOW);
27 }
28 }

```

3.5.2.4 Kipas DC

Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, peneliti menggunakan Kipas 12V DC sebagai aktuator untuk menurunkan kelembapan. Untuk Konfigurasi Kipas 12V DC diperlukan perangkat relay. Relay yang digunakan adalah moudul relay 5V DC. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Konfigurasi Kipas DC

Program atau sketch yang digunakan untuk kontrol perangkat Kipas DC ditunjukkan pada paragraf berikut ini.

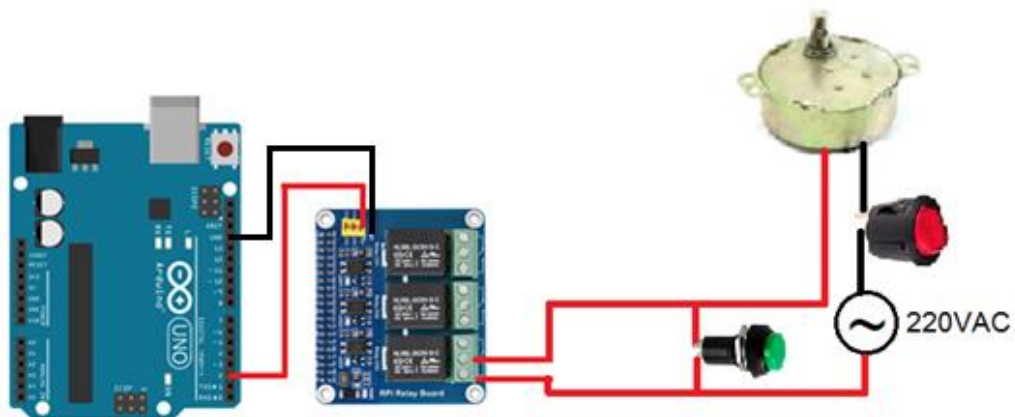
```

1  #include <dht.h>
2  #define DHT22_PIN 4
3  dht DHT;
4  float hum;
5  int fan = 7;
6  void setup() {
7  Serial.begin(9600);
8  }
9
10
11 void loop(){
12 int chk = DHT.read22(DHT22_PIN);
13 hum = DHT.humidity;
14 Serial.print("KELEMBAPAN : ");
15 Serial.println(hum);
16 if (hum < 52 ){
17 digitalWrite(fan, LOW );
18 }
19 if (hum > 55 ){
20 digitalWrite(fan, HIGH);
21 }
22 if (hum < 55 && hum1 > 52 ){
23 digitalWrite(fan, LOW);
24 }
25 if (hum > 55 && hum1 < 52 ){
26 digitalWrite(fan, LOW);
27 }
28 }
  
```

3.5.2.5 Motor AC

Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, peneliti menggunakan motor AC sebagai aktuator pemutaran telur.

Gambar 3.10. menunjukkan konfigurasi motor AC.



Gambar 3. 10 Konfigurasi Motor AC

Program atau sketch yang digunakan untuk kontrol motor ac sebagai pemutar telur otomatis setiap 2 jam sekali ditunjukkan pada paragraf berikut ini.

```

1  #include "RTClib.h"
2  RTC_DS1307 RTC;
3  int motor = 2;
4  void setup(){
5  Serial.begin(9600);
6  RTC.begin();
7  if (! RTC.isrunning()) {
8    lcd.print("RTC is NOT running!");
9    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
10 }
11 }
12 void turning(){
13   DateTime now = RTC.now();
14   if (now.hour() == 8 && now.minute() ==00 && now.second () ==01){
15     digitalWrite(motor, HIGH);
16     delay(6000);
17     digitalWrite(motor, LOW);
18   }
19   if (now.hour() == 12 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
20     digitalWrite(motor, HIGH);

```

```

21     delay(6000);
22     digitalWrite(motor, LOW);
23     }
24     if (now.hour() == 16 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
25         digitalWrite(motor, HIGH);
26         delay(6000);
27         digitalWrite(motor, LOW);
28     }
29     if (now.hour() == 20 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
30         digitalWrite(motor, HIGH);
31         delay(6000);
32         digitalWrite(motor, LOW);
33     }
34     if (now.hour() == 00 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
35         digitalWrite(motor, HIGH);
36         delay(6000);
37         digitalWrite(motor, LOW);
38     }
39     if (now.hour() == 04 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
40         digitalWrite(motor, HIGH);
41         delay(6000);
42         digitalWrite(motor, LOW);
43     }
44     //0 derajat
45     if (now.hour() == 10 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
46         digitalWrite(motor, HIGH);
47         delay(6000);
48         digitalWrite(motor, LOW);
49     }
50     if (now.hour() == 14 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
51         digitalWrite(motor, HIGH);
52         delay(6000);
53         digitalWrite(motor, LOW);
54     }
55     if (now.hour() == 18 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
56         digitalWrite(motor, HIGH);
57         delay(6000);
58         digitalWrite(motor, LOW);
59     }
60     if (now.hour() == 22 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
61         digitalWrite(motor, HIGH);
62         delay(6000);
63         digitalWrite(motor, LOW);
64     }
65     if (now.hour() == 02 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
66         digitalWrite(motor, HIGH);
67         delay(6000);
68         digitalWrite(motor, LOW);
69     }

```

```

70     }
71     if (now.hour() == 06 && now.minute() ==00 && now.second () ==01) {
72         digitalWrite(motor, HIGH);
73         delay(6000);
74         digitalWrite(motor, LOW);
75     }
76 }

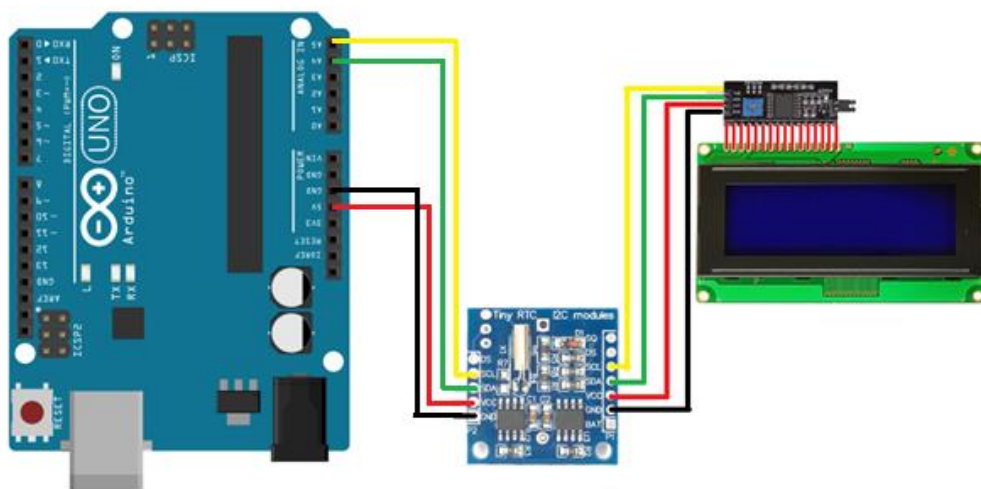
```

3.5.2.6 LCD 16x2

Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, peneliti menggunakan LCD 16x2 sebagai penampil waktu, suhu, dan kelembapan.

3.5.2.7 RTC DS1307

Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, peneliti menggunakan RTC DS1307 sebagai pewaktu. Untuk Konfigurasi RTC DS1307 menggunakan pin SDA dan SCL pada Arduino. Dalam pemasangannya RTC bisa dipasang dengan LCD 16x2 dengan bantuan I2C yang merupakan protokol komunikasi serial yang hanya menggunakan pin SDA dan SCL. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Konfigurasi LCD dan RTC

Program atau sketch yang digunakan LCD untuk menampilkan jam, menit, detik, tanggal, bulan, tahun, suhu dan kelembapan ditunjukkan pada paragraf berikut ini.

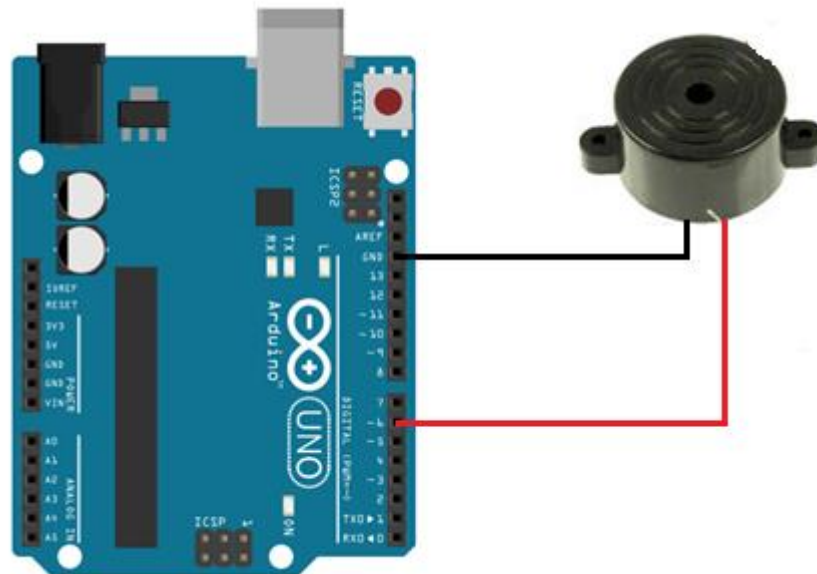
```

1  #include <Wire.h>
2  #include <LCD.h>
3  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7);
5  #include "RTClib.h"
6  RTC_DS1307 RTC;
7
8  void setup()
9  {
10 lcd.begin (16,2);
11   lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE); // BL, BL_POL
12   lcd.setBacklight(HIGH);
13   Wire.begin();
14   RTC.begin();
15   if (! RTC.isrunning()) {
16     lcd.print("RTC is NOT running!");
17     RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
18   }
19 }
20
21 void loop() {
22   DateTime now = RTC.now();
23   lcd.setCursor(0, 0);
24   lcd.print(now.day(), DEC);
25   lcd.print('/');
26   lcd.print(now.month(), DEC);
27   lcd.print('/');
28   lcd.print(now.year(), DEC);
29   lcd.print(' ');
30   lcd.setCursor(0, 1);
31   lcd.print(now.hour(), DEC);
32   lcd.print(':');
33   lcd.print(now.minute(), DEC);
34   lcd.print(':');
35   lcd.print(now.second(), DEC);
36   lcd.setCursor(10, 1);
37   lcd.print(temp1,1);
38   lcd.print("°C");
39   lcd.print(hum1,1);
40   lcd.print("%");
41 }

```


3.5.2.8 Piezo Buzzer

Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, peneliti menggunakan Piezo Buzzer sebagai penanda keadaan abnormal seperti suhu atau kelembapan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Gambar 3.12. menunjukkan konfigurasi Piezo Buzzer.



Gambar 3. 12 Konfigurasi Buzzer

Program atau sketch yang digunakan untuk menghidupkan buzzer ditunjukkan pada paragraf berikut ini.

```

1  int buz = 6;
2  void setup()
3  {
4  pinMode(buz, OUTPUT);
5  digitalWrite(buz, LOW);
6  }
7  void loop()
8  {
9  if (hum1 < 50 ){
10   digitalWrite(buz, HIGH );
11   delay(1000);
12   digitalWrite(buz, LOW);
13  }
14  if (hum1 > 75 ){

```

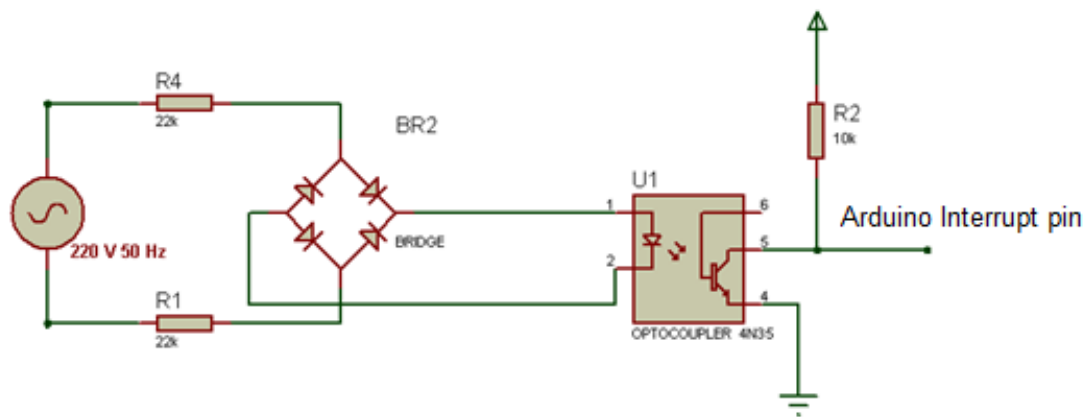
```

15  digitalWrite(buz, HIGH );
16  delay(1000);
17  digitalWrite(buz, LOW);
18  }
19  if (hum1 < 75 && hum1 > 50 ){
20    digitalWrite(buz, LOW);
21  }
22
23  if (temp1 < 37 ){
24    digitalWrite(buz, HIGH );
25    delay(1000);
26    digitalWrite(buz, LOW);
27    lcd.clear();
28  }
29  if (temp1 > 40 ){
30    digitalWrite(buz, HIGH );
31    delay(1000);
32    digitalWrite(buz, LOW);
33    lcd.clear();
34  }
35  if (temp1 < 40 && hum1 > 37 ){
36    digitalWrite(buz, LOW);
37  }
38  }

```

3.5.2.9 Zero Crossing Detector

Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, peneliti menggunakan *zero crossing detector* yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220V saat melewati titik nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Seberangan-seberangan titik nol ini merupakan acuan yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemicuan triac. Rangkaian ini dibuat dari tiga komponen utama yaitu resistor, dioda bridge KBPC310 3A sebagai penyearah dan optocoupler 4N35 sebagai *detector*. Gambar 3.13. menunjukkan rangkaian *zero crossing detector*.



Gambar 3. 13 Rangkaian Zero Crossing Detector

Program atau sketch yang digunakan untuk mendeteksi seberangan-seberangan titik nol yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemicuan triac ditunjukkan pada paragraf berikut ini.

```

1  int interrupt = 2;
2  void setup()
3  {
4    attachInterrupt(0, zero_crosss_int, RISING);
5  }
6
7  void zero_crosss_int()
8  {
9  }

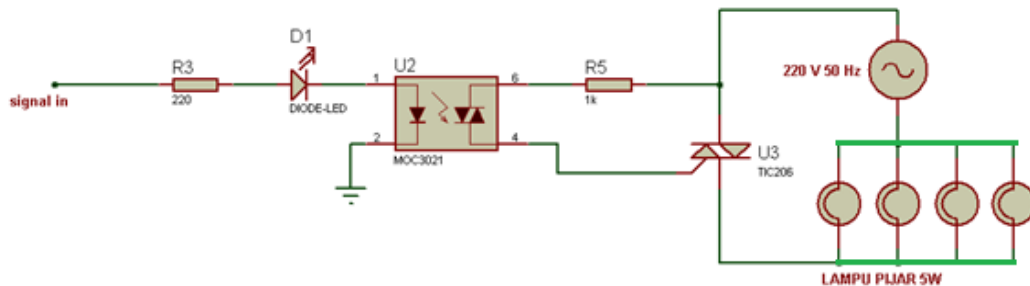
```

3.5.2.10 Pengontrol Tegangan AC

Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, peneliti menggunakan rangkaian pengontrol tegangan AC yang digunakan untuk dapat menghubungkan tegangan AC 220V dengan Arduino sehingga tegangan AC tersebut dapat dikontrol menggunakan Arduino.

Sebagai komponen pengontrol tegangan digunakan TRIAC BT139. MOC3021 merupakan driver Triac yang didalamnya menggunakan isolasi optis (*optocoupler*). Driver ini menjembatani sinyal triger yang diberikan dari kontroler

yang umumnya memiliki level tegangan dan arus kecil dengan bagian beban yang memiliki tegangan dan arus yang relatif tinggi. Gambar 3.14. menunjukkan rangkaian pengontrol tegangan AC.



Gambar 3. 14 Pengontrol Tegangan AC

Program atau sketch yang digunakan untuk memberikan sinyal picu untuk mengaktifkan triac sehingga *heater* dapat bekerja ditunjukkan pada paragraf berikut ini.

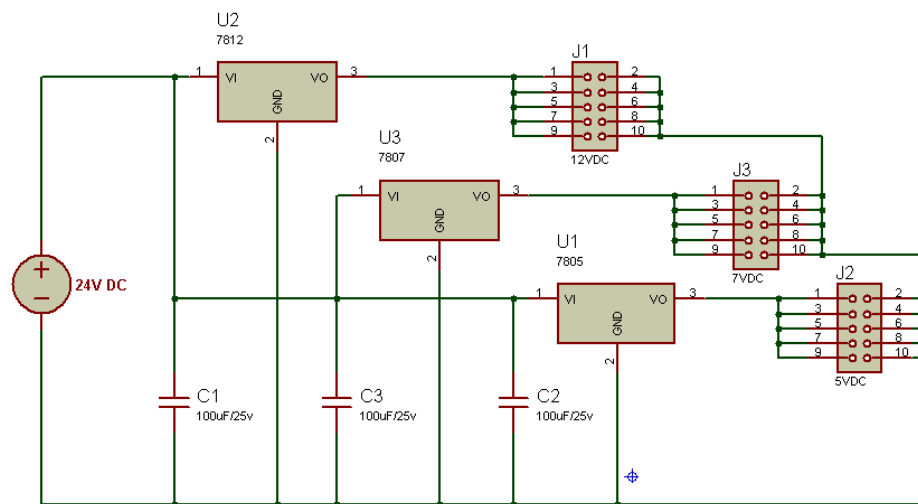
```

1 #include <Wire.h>
2 int AC_LOAD = 3;
3 int interrupt = 2;
4 int dimtime;
5
6 void setup()
7 {
8   attachInterrupt(0, zero_crosss_int, RISING);
9   Serial.begin(9600);
10  pinMode(AC_LOAD, OUTPUT);
11 }
12
13 void zero_crosss_int()
14 {
15   int dimtime = (38*dimming);
16   delayMicroseconds(dimtime);
17   digitalWrite(AC_LOAD, HIGH);
18   delayMicroseconds(20);
19   digitalWrite(AC_LOAD, LOW);
20 }

```

3.5.2.11 Regulator Tegangan

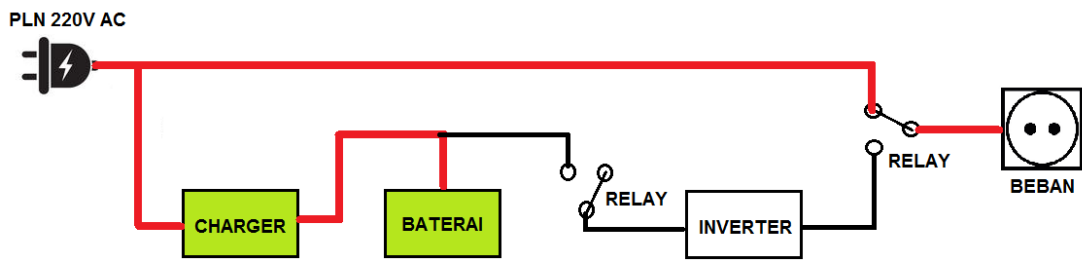
Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, peneliti menggunakan regulator yang merupakan rangkaian penstabil tegangan. Dalam penelitian ini peneliti menstabilkan tegangan untuk digunakan oleh arduino, driver relay, dan kipas DC. Jenis IC regulator yang digunakan adalah 7805, 7807 dan 7812. Skema rangkaian regulator dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Regulator Tegangan

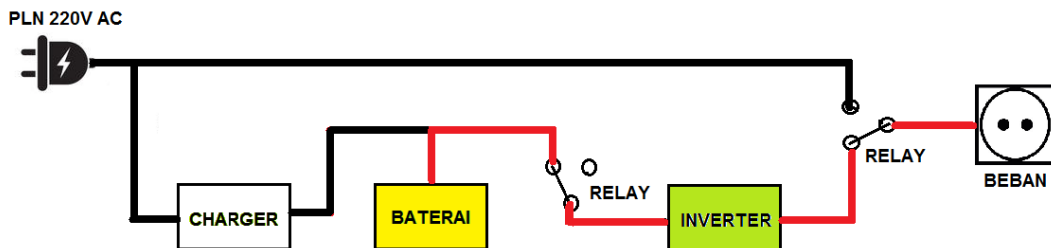
3.5.2.12 Catu Daya Cadangan

Pada penelitian Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino, peneliti merancang penyedia catu daya cadangan yang digunakan apabila selama proses penetasan terjadi pemadaman dari sumber listrik utama. Jika sumber listrik dari PLN tidak tersedia maka sumber listrik akan diambil dari baterai yang diubah melalui perangkat inverter sehingga dapat menghasilkan sumber listrik AC. Diagram blok rancangan catu daya cadangan dapat dilihat pada Gambar 3.16. dan Gambar 3.17.



Gambar 3. 16 Sumber Listrik PLN

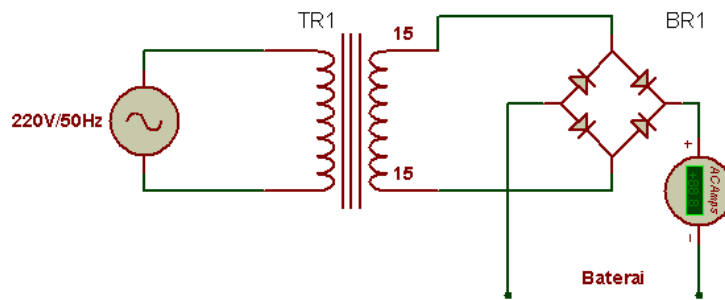
Pada Gambar 3.16. menunjukkan saat sumber listrik langsung diambil dari jala-jala PLN, relay AC dalam keadaan aktif dan baterai bisa dalam kondisi *charging*.



Gambar 3. 17 Sumber Listrik Inverter

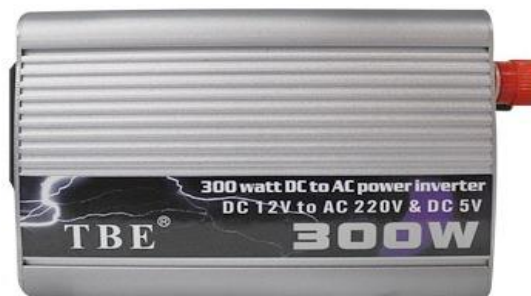
Pada Gambar 3.17. menunjukkan saat sumber listrik PLN tidak tersedia maka relay akan *off* sehingga sumber listrik langsung otomatis dialihkan yang semula dari PLN kini diambil dari inverter.

Baterai atau aki yang digunakan dalam penelitian ini berkapasitas 12V 10Ah. Dalam merancang penyedia catu daya candangan rangkaian *charger* diperlukan untuk mengisi baterai. Kondisi baterai sebaiknya selalu penuh karena jika sewaktu-waktu terjadi pemadaman listrik baterai dapat digunakan sebagai *backup*. berikut rancangan rangkaian *Charger* dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 18 Rangkaian Charger Aki

Perangkat inverter dibutuhkan untuk mengubah sumber listrik 12V DC baterai menjadi 220V AC 50Hz. Inverter yang digunakan sebaiknya mempunyai gelombang keluaran *pure sine wave* (sinus murni) sehingga pemanas atau *heater* dapat bekerja maksimal. Perangkat inverter yang digunakan adalah TBE 300 Watt *pure sine wave inverter*. Gambar 3.19 menunjukkan inverter yang digunakan.

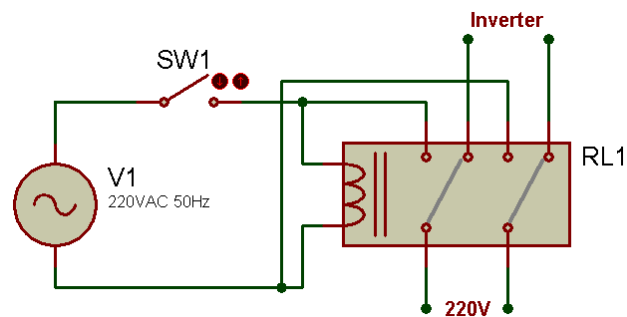


Gambar 3. 19 Inverter 300 Watt

Rangkaian pengalih tegangan dibutuhkan untuk mengalihkan atau memindahkan sumber listrik dari PLN ke Inverter atau sebaliknya secara otomatis. Rangkaian pengalih tegangan menggunakan Relay OMRON MK2P 220V AC yang dapat dilihat pada Gambar 3.20. dan Gambar 3.21. memperlihatkan rangkaian pengalih tegangan yang digunakan.



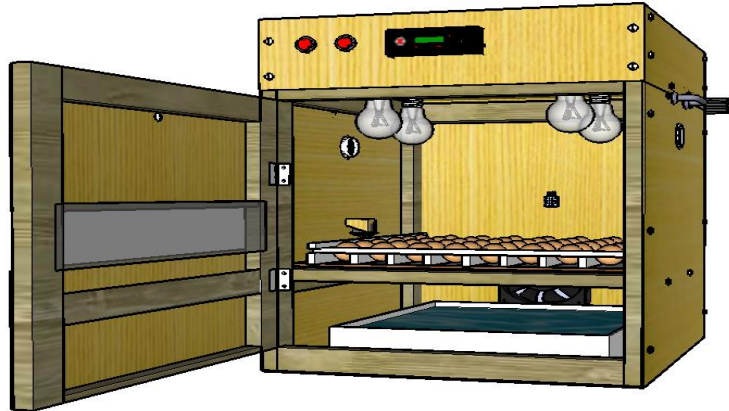
Gambar 3. 20 Relay Omron 220AC



Gambar 3. 21 Rangkaian Pengalih Tegangan

3.5.2.13 Desain Box Penetas Telur

Penetas telur yang dirancang mempunyai kapasitas 60 butir telur. Sementara bahan atau material mesin penetas telur terbuat dari *medium density board*. Dimensi atau ukuran box penetas telur yang dirancang adalah sebesar 72cm × 49cm × 55cm. Untuk rak telur dirancang agar peletakan telur secara horizontal sehingga telur dapat diputar 180°. Gambar 3.22. memperlihatkan bagian depan dari alat mesin penetas telur otomatis yang dirancang.



Gambar 3. 22 Tampak Depan

Gambar 3.23 memperlihatkan bagian samping dari mesin penetas telur yang di rancang terlihat ada ventilasi untuk sirkulasi udara.



Gambar 3. 23 Tampak Samping

Gambar 3.24 memperlihatkan bagian belakang dari mesin penetas telur yang di rancang terlihat ada kabel Power dan Kipas DC untuk penurun kelembapan.



Gambar 3. 24 Tampak Belakang

3.5.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini berupa program mikrokontroler dengan aplikasi Arduino IDE 1.8.2 yang akan digunakan untuk mengisi program Arduino sehingga dapat memproses *input / output* pada sistem yang dirancang.

3.5.3.1 Pemrograman Arduino

Perancangan program Arduino Uno menggunakan *software* Arduino IDE 1.8.2 yang menggunakan bahasa processing dalam pemrogramannya. Perancangan program dibuat berdasarkan analisis prinsip kerja dari mesin penetas telur otomatis, dan memperhatikan komponen masukan ataupun keluaran. Dalam pelaksanaannya pemrograman Arduino pada penelitian ini menggunakan beberapa *Library*. Dimana *library* pada arduino adalah sekumpulan kode yang berfungsi memudahkan atau menyederhanakan suatu pemrograman. Tabel 3.2 menunjukkan library yang digunakan untuk pemrograman arduino dalam penelitian ini.

Tabel 3. 2 Library Arduino yang digunakan

No	Library	Keterangan
1.	<PID_v1.h>	Digunakan sebagai algoritma kontrol PID <i>digital</i>
2.	<Wire.h>	Digunakan untuk komunikasi serial I2C menggunakan pin SDA dan SCL
3.	<LiquidCrystal_I2C.h>	Digunakan untuk penampil LCD 16x2 yang digunakan
4.	<dht.h>	Digunakan untuk sensor suhu dan kelembapan DHT22
5.	"RTClib.h"	Digunakan untuk pewaktu RTCDS1307

Dalam pembuatan mesin penetas telur otomatis berbasis mikrokontroler digunakan beberapa masukan dan keluaran. Tabel 3.3. menunjukan *I/O* yang digunakan.

Tabel 3. 3 I/O Arduino Master dan Slave

No	Perangkat	Pin Arduino	Keterangan
1	DHT22	PIN4	<i>Master</i>
		VCC	VCC
		GND	GND
2	RTC DS1307 dan LCD	SDA	<i>Serial Data</i>
		SCL	<i>Serial Clock</i>
		VCC	VCC
		GND	GND
3	<i>Zero Crossing Detector</i>	PIN2	<i>Slave</i>
4	Relay	PIN2	<i>Output Motor Master</i>
		PIN5	<i>Output Humidifier Master</i>
		PIN7	<i>Output Kipas Master</i>
		VCC	VCC
		GND	GND
5	BUZZER	PIN6	<i>Master</i>
		GND	GND
6	Pengontrol Tegangan AC	PIN3	<i>Slave</i>

3.6 Instrumen Penelitian

Untuk mempermudah dalam mendapatkan data yang akurat dan presisi, maka diperlukan instrumen penelitian. Instrument yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Alat Ukur

- a. Multimeter, digunakan untuk mengukur tegangan dan arus listrik.
- b. Thermohygrometer HTC-02, digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan.
- c. Osiloskop , digunakan untuk melihat gelombang rangkaian sistem yang dibuat.

2. *Software* Pendukung

- a. *Software* Arduino IDE, digunakan untuk memprogram Arduino Uno.
- c. Fritzing, digunakan untuk merangkai jalur data pada Arduino.
- d. Proteus ISIS, digunakan untuk membuat rangkaian dan simulasi.
- e. SketchUp, digunakan untuk membuat desain alat.

3.7 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan kriteria pengujian yang dilakukan peneliti untuk mendapatkan data yang diperlukan pada keseluruhan sistem yang dirancang, kriteria pengujian dilakukan peneliti untuk menyatakan bahwa sistem yang telah dibuat dinyatakan berhasil atau gagal, berikut kriteria pengujian pada penelitian yang dilakukan pada pembuatan mesin penetas telur otomatis berbasis arduino.

3.7.1 Kriteria Pengujian *Hardware*

Pengujian *hardware* pada sistem ini dilakukan untuk memastikan sistem yang dirancang dapat berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan. Pengujian dilakukan menjadi 12 bagian, yaitu:

1. Tuning dan Pengujian Respon Kontroler PID
2. Pengujian Rangkaian Zero Crossing Detector
3. Pengujian Rangkaian Pengontrol Tegangan AC
4. Pengujian Regulator Tegangan
5. Pengujian Pembacaan Suhu dan Kelembapan
6. Pengujian Sistem Pemutaran Telur
7. Pengujian Sistem Buzzer
8. Pengujian Perangkat Inverter
9. Pengujian *Discharge* Baterai
10. Pengujian *Charging* Baterai
11. Pengujian *Transfer Swicth*
12. Pengujian Penetasan Telur

3.7.1.1. Tuning dan Pengujian Respon Kontroler PID

Dalam pengujian ini, dicari nilai K_p , K_i , dan K_d agar mendapatkan kestabilan suhu yang tinggi serta fluktuasi suhu yang seminimum mungkin ketika diberi suatu nilai *setpoint*. Nilai *setpoint* berupa nilai suhu yang sudah ditentukan pada program arduino. *Tuning* parameter PID dilakukan dengan metode *hand tuning* atau *trial and error*.

3.7.1.2 Kriteria Pengujian Rangkaian Zero Crossing Detector

Pengujian rangkaian *zero crossing detector* bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian yang telah dibuat telah menghasilkan sinyal tepat pada persilangan nol tegangan jala – jala PLN. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan sinyal hasil keluaran zero crossing detector dengan sinyal AC tegangan jala – jala PLN yang dilihat melalui perangkat osiloskop.

3.7.1.3 Kriteria Pengujian Rangkaian Pengontrol Tegangan AC

Pengujian rangkaian pengontrol tegangan dilakukan untuk mengetahui bentuk gelombang output yang didrive oleh TRIAC untuk mengontrol *heater*. Setelah mendapat sinyal dari *zero crossing detector*, arduino akan memberikan sinyal picu atau *trigger* TRIAC pada waktu – waktu tertentu.

3.7.1.4 Kriteria Pengujian Regulator Tegangan

Kriteria pengujian regulator dilakukan dengan cara mengukur hasil tegangan masukan dan hasil tegangan keluaran. Tabel 3.4 adalah kriteria pengujian regulator.

Tabel 3. 4 Kriteria Pengujian Regulator Tegangan

Perangkat	Tegangan Ideal (Volt)	Tegangan Hasil Pengujian (Volt)
Arduino	7-12	
<i>Ultrasonic Humidifier</i>	± 24	
DC FAN	± 12	
Driver Relay	5-7,5	

3.7.1.5 Kriteria Pengujian Pembacaan Suhu dan Kelembapan

Pengujian suhu dan kelembapan dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DHT22 dengan Thermohygrometer digital. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil pembacaan sensor DHT22 valid atau tidak serta untuk melihat tingkat kestabilan suhu dan kelembapan dalam mesin tetas. Pengukuran suhu dan kelembapan dilakukan 3 kali dalam satu hari dengan *range* waktu 24 jam : 3 = 8 jam sekali pada pukul 06.00-07.00 (pagi), 14.00-15.00 (siang) dan 22.00-23.00 (malam) Tabel 3.5. memperlihatkan pengujian pembacaan suhu dan kelembapan.

Tabel 3. 5 Kriteria Pengujian Pembacaan Suhu dan Kelembapan

Waktu (menit)	Sensor DHT22		Thermohygrometer Digital		Selisih Pembacaan	
	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH
0						
10						
20						
30						
40						
50						
60						
Rata-Rata						

3.7.1.6 Kriteria Pengujian Sistem Pemutaran Telur

Pengujian ini dilakukan untuk melihat kondisi perangkat motor AC dan *real time clock* dalam pengaturan pemutaran telur secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan. Pemutaran telur mulai dilakuakn pada hari ke-3 hingga hari ke-18. Tabel 3.6. memperlihatkan pengujian pengaturan pemutaran telur.

Tabel 3. 6 Kriteria Pengujian Pemutaran Telur

Jam	Kriteria Perubahan Posisi Telur	Hasil Pengujian
08.00	180° CW	
10.00	180° CCW	
12.00	180° CW	
14.00	180° CCW	
16.00	180° CW	
18.00	180° CCW	
20.00	180° CW	
22.00	180° CCW	
24.00	180° CW	
02.00	180° CCW	
04.00	180° CW	
06.00	180° CCW	

3.7.1.7 Kriteria Pengujian Sistem Buzzer

Pengujian buzzer dilakukan untuk melihat suatu keadaan abnormal atau hal yang tidak semestinya terjadi seperti suhu terlalu tinggi, suhu terlalu rendah, kelembaban terlalu tinggi atau kelembaban yang terlalu rendah. Saat hal-hal tersebut terjadi buzzer akan berbunyi sebagai penanda. Tabel 3.7. memperlihatkan pengujian sistem buzzer.

Tabel 3. 7 Kriteria Pengujian Buzzer

Kriteria Pengujian	Kondisi Buzzer	Hasil Pengujian
Suhu < 35°C	ON	
Suhu > 45°C	ON	
Kelembapan < 40%	ON	
Kelembapan > 75%	ON	

3.7.1.8 Kriteria Pengujian Perangkat Inverter

Perangkat inverter dibutuhkan untuk mengubah sumber listrik 12V DC baterai menjadi 220V AC 50Hz. Pengujian dilakukan untuk melihat output tegangan dan bentuk gelombang yang dihasilkan oleh perangkat inverter. Tabel 3.8. memperlihatkan pengujian perangkat inverter.

Tabel 3. 8 Kriteria Pengujian Inverter

Tegangan Input (Volt)	Tegangan Output (Volt)	Frekuensi Output (Hz)	Bentuk Gelombang

3.7.1.9 Kriteria Pengujian *Discharge* Baterai

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama baterai mampu *mbackup* atau menyediakan sumber listrik dengan beban mesin tetas ketika sumber PLN tidak tersedia. Tabel 3.9 memperlihatkan pengujian *discharge* baterai.

Tabel 3. 9 Kriteria Pengujian *Discharge* Baterai

Waktu (menit)	Tegangan Baterai (Volt)	Arus Baterai (Ampere)	Daya Baterai (Watt)

3.7.1.10 Kriteria Pengujian Rangkaian *Charger* Baterai

Pengujian ini dilakukan agar dapat memastikan rangkaian *charger* baterai dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pada pengujian pengisian baterai dilakukan untuk memperoleh data arus pengisian , tegangan output dan berapa lama sistem pengisian yang dilakukan dengan menggunakan baterai 12 Volt 10Ah.

3.7.1.11 Kriteria Pengujian *Transfer Swicth*

Kriteria pengujian rangkaian pengalih tegangan dapat dilihat pada Tabel 3.10. pengujian dilakukan untuk melihat ketika sumber dari PLN tidak teredia maka perangkat inverter akan otomatis menjadi sumber utama bagi mesin penetas ini dan sebaliknya jika sumber listrik kembali tersedia maka rangkaian akan menganti sumber tegangan dari rangkaian inverter ke sumber PLN.

Tabel 3. 10 Kriteria Pengujian *Transfer Swicth*

Kriteria Pengujian	Kondisi Relay	Hasil Pengujian
Sumber PLN Tersedia	ON	
Sumber PLN Tidak Tersedia	OFF	

3.7.1.12 Kriteria Pengujian Penetasan Telur

Presentase penetasan telur menjadi tolak ukur baik tidaknya mesin penetas telur yang dibuat. Telur yang ditetaskan adalah telur ayam kampung yang berjumlah 40 butir dan dimasukan ke mesin tetas secara bersamaan. Mesin tetas

yang dirancang diharapkan mempunyai presentase daya tetas diatas 90%. Dalam penelitian ini direncanakan melakukan 3 kali proses penetasan. Berikut tabel 3.11. menunjukan tabel pengujian penetasan.

Tabel 3. 11 Kriteria Pengujian Hasil Penetasan Telur

Pengujian Ke-	Jumlah Telur yang ditetaskan	Telur tidak Menetas	Telur Menetas	Kondisi Anak Ayam			Daya Tetas (%)
				Normal	Cacat	Mati	
1							
2							
3							
Rata-Rata Daya Tetas							

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

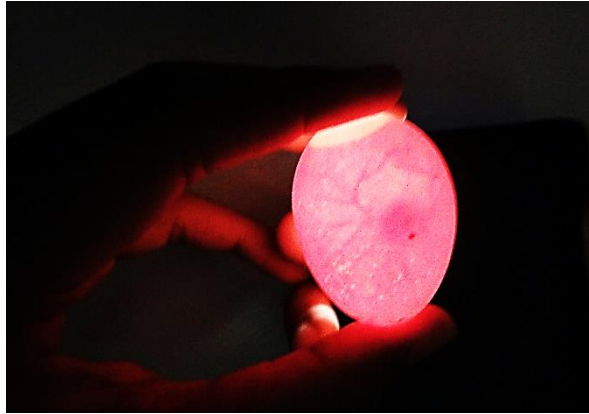
4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

Setelah perancangan dan pembuatan sistem pengontrol telah berhasil dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah menguji kerja alat tersebut. Uji kerja ini dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa alat yang telah berhasil dibuat mampu bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Gambar 4.1 menunjukkan proses pemasukan telur untuk pengujian penetasan.



Gambar 4. 1 Proses Pemasukan Telur

Telur yang dimasukkan kedalam mesin tetas sebanyak 40 butir telur fertil yang diseleksi dari 50 butir telur yang dimasukkan secara bersamaan. Setelah proses pemasukan telur pada hari ke -7 dilakukan pemeriksaan terhadap telur yang fertil. Telur yang fertil akan terlihat embrio berkembang seperti jaring laba-laba. Sedangkan yang infertil terlihat kosong. Gambar 4.2 menunjukkan proses peneropongan telur.



Gambar 4. 2 Proses Peneropongan Telur

Dari hasil peneropongan, telur yang infertil akan diseleksi dan dikeluarkan dari dalam mesin tetas. Sementara untuk telur fertil yang terseleksi dengan jumlah 40 butir telur akan tetap berada di dalam mesin tetas sampai telur menetas. Gambar 4.3 menunjukkan proses penetasan telur.



Gambar 4. 3 Proses Telur Menetas

Untuk proses penetasan dilakukan sebanyak 3 kali percobaan untuk mendapatkan nilai daya tetas yang valid. Dari 3 kali percobaan yang dilakukan didapat rata – rata daya tetas sebesar 93.3% yang menunjukkan bahwa sistem yang dirancang telah berkerja dengan baik.

4.2 Analisis Data Penelitian

Dalam proses ini pengujian-pengujian dilakukan untuk memastikan sistem yang dirancang dapat berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan.

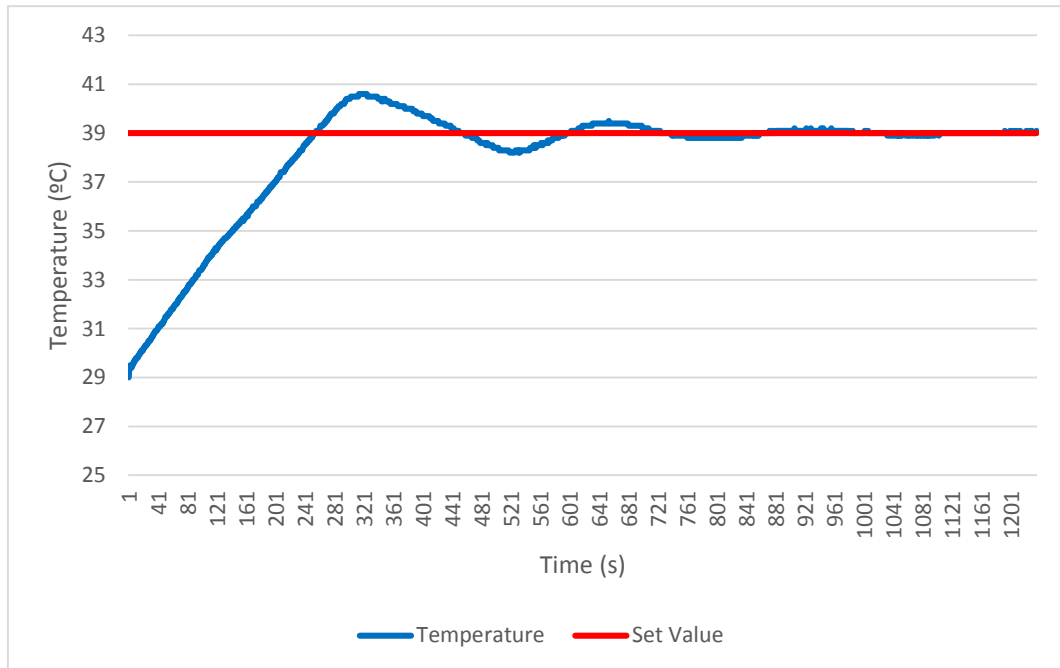
4.2.1 Tuning dan Pengujian Respon Kontroler PID

Pengujian ini dilakukan pada suhu awal 29°C dengan memberikan nilai acuan atau *setpoint* 39°C, yang berdasarkan suhu tetas telur ayam yaitu antara 38,33°- 40,55°C.

Pemberian nilai parameter Kp, Ki dan Kd untuk mendapatkan respon sistem yang optimal dilakukan dengan menggunakan metode *trial and error* atau *hand tuning*. Langkah – langkah *tuning* yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Temperatur di dalam mesin tetas dinaikan hingga mencapai suhu 39 °C.
2. Memberikan nilai *gain* Kp hingga kontroler menghasilkan respon peningkatan suhu hingga 39 °C dan berhasil.
3. Mengatur nilai Kd dan Ki untuk mengurangi osilasi pada keadaan *steady state*.

Berdasarkan hasil *tuning* yang dilakukan untuk *setpoint* 39 °C didapat nilai parameter Kp = 25, Ki = 20 dan Kd = 10. Hasil pengujianya dalam bentuk grafik respon ditunjukkan pada Gambar 4.4.



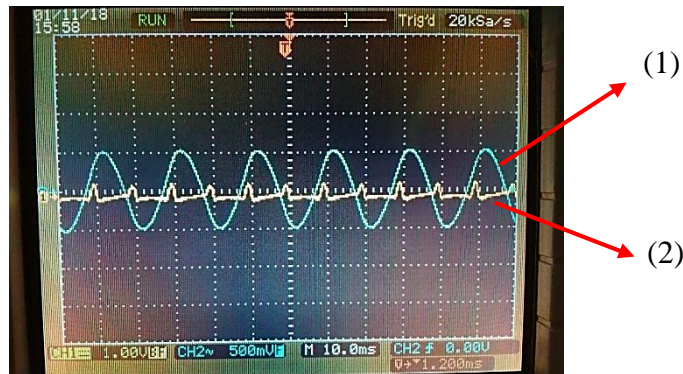
Gambar 4. 4 Grafik Respon Sistem untuk Nilai Acuan 39 °C

Dapat dilihat pada Gambar 4.4 suhu dapat stabil dan beresilasi $< 0,3^{\circ}\text{C}$ dari nilai acuan yang ditetapkan dan berikut karakteristik sistem yang dirancang.

1. Waktu naik / *Rise Time* (T_r) atau waktu yang diperlukan tanggapan sistem untuk naik dari 0% sampai 100% dari harga akhirnya (39°C) adalah 253 detik.
2. Waktu tunda / *Delay Time* (T_d) atau waktu yang sistem butuhkan untuk mencapai setengah dari nilai referensi yang telah ditetapkan (39°C) adalah 122 detik.
3. Waktu puncak / *Peak Time* (T_p) atau waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai puncak lewatan yang pertama kali adalah 314 detik.
4. Lewatan maksimum / *Maximum overshoot* (M_p) atau harga puncak maksimum dari tanggapan sistem adalah $40,6^{\circ}\text{C}$ (+ $1,6^{\circ}\text{C}$).
5. Waktu penetapan / *Settling time* (T_s) atau waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai dan menetap dalam daerah sekitar harga akhir (2% dari *setpoint*) adalah 618 detik.

4.2.2 Pengujian Rangkaian *Zero Crossing Detector*

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan sinyal hasil keluaran *zero crossing detector* dengan sinyal AC tegangan jala – jala PLN yang dilihat melalui perangkat osiloskop. Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian rangkaian *zero crossing detector*.

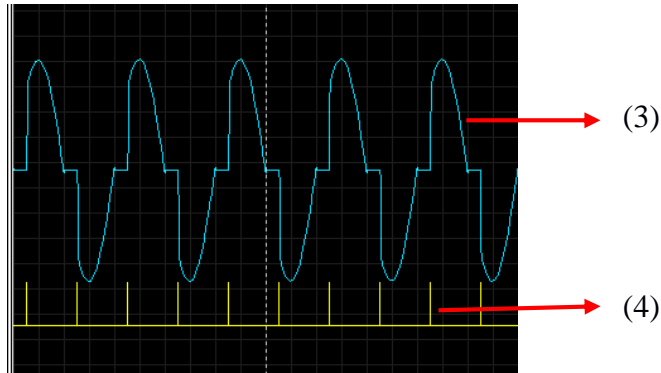


Gambar 4. 5 Bentuk Gelombang *Zero Crossing Detector*

Dalam Gambar 4.5 terdapat 2 bentuk sinyal. Grafik (1) menunjukkan sinyal AC 220V dan grafik (2) merupakan output rangkaian *zero crossing detector*. Berdasarkan pengujian yang dilakukan rangkaian *zero crossing detector* dapat mendeteksi persilangan titik nol pada sinyal AC yang ditandai dengan bentuk sinyal yang naik saat berada di titik nol.

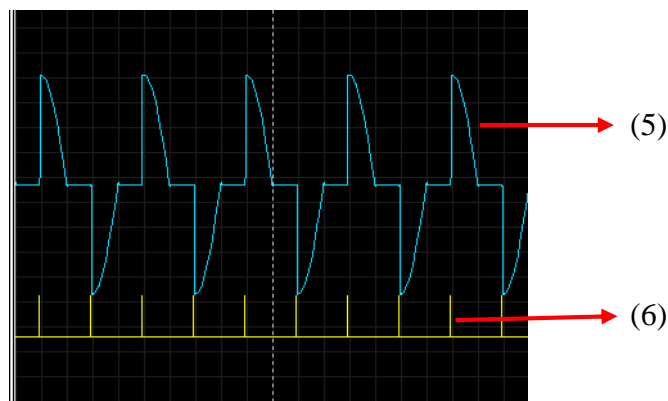
4.2.3 Pengujian Rangkaian Pengontrol Tegangan AC

Pengujian rangkaian pengontrol tegangan dilakukan setelah mendapat sinyal dari *zero crossing detector*, arduino akan memberikan sinyal picu atau *trigger* TRIAC pada waktu – waktu tertentu dengan tundaan maksimum 10000 μ s. Hasil pengujian untuk tundaan pemicuan triac ditunjukkan pada Gambar 4.6 sampai Gambar 4.9.



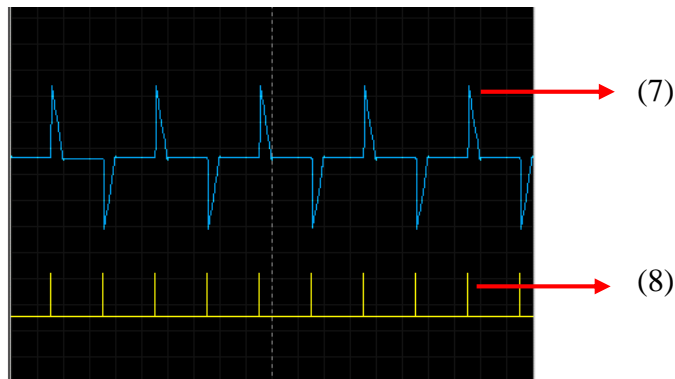
Gambar 4. 6 Trigger dan Gelombang Output dengan Waktu Tunda 3000 μ s

Dalam Gambar 4.6 terdapat 2 bentuk sinyal. Grafik (3) menunjukkan sinyal *output* rangkaian *driver* triac dan grafik (4) adalah sinyal pemicuan triac. Dalam pengujian ini pemicuan triac dilakukan setelah 3000 μ s saat titik nol terdeteksi. Dapat dilihat sinyal output akan terpotong pada saat diberikan sinyal pemicuan.



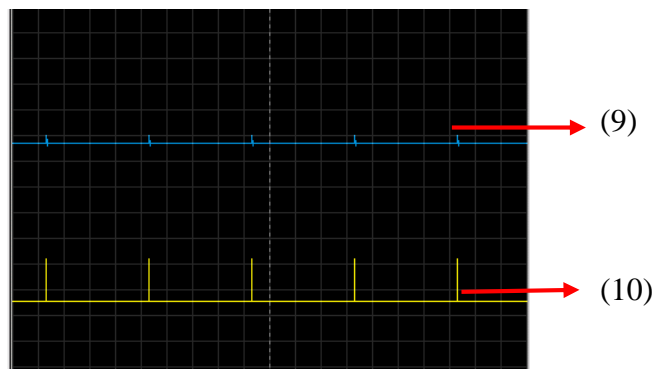
Gambar 4. 7 Trigger dan Gelombang Output untuk Waktu Tunda 5000 μ s

Dalam Gambar 4.7 terdapat 2 bentuk sinyal. Grafik (5) menunjukkan sinyal *output* rangkaian *driver* triac dan grafik (6) adalah sinyal pemicuan triac. Dalam pengujian ini pemicuan triac dilakukan setelah 5000 μ s saat titik nol terdeteksi. Dapat dilihat sinyal output akan terpotong pada saat diberikan sinyal pemicuan. Bentuk sinyal pada grafik (5) menjadi lebih kecil jika dibandingkan pada grafik (3).



Gambar 4. 8 Trigger dan Gelombang Output untuk Waktu Tunda 8000 μ s

Dalam Gambar 4.8 terdapat 2 bentuk sinyal. Grafik (7) menunjukkan sinyal *output* rangkaian *driver* triac dan grafik (8) adalah sinyal pemicuan triac. Dalam pengujian ini pemicuan triac dilakukan setelah 8000 μ s saat titik nol terdeteksi. Dapat dilihat sinyal output akan terpotong semakin kecil pada saat diberikan sinyal pemicuan. Bentuk sinyal pada grafik (7) menjadi lebih kecil jika dibandingkan pada grafik (3) dan grafik (5).



Gambar 4. 9 Trigger dan Gelombang Output untuk Waktu Tunda 10000 μ s

Dalam Gambar 4.9 terdapat 2 bentuk sinyal. Grafik (9) menunjukkan sinyal *output* rangkaian *driver* triac dan grafik (10) adalah sinyal pemicuan triac. Dalam pengujian ini pemicuan triac dilakukan setelah 10000 μ s saat titik nol terdeteksi. Dapat dilihat sinyal output akan terpotong semakin kecil pada saat diberikan sinyal

pemicuan. Bentuk sinyal pada grafik (9) sangat kecil atau hampir tidak ada, hal ini karena pada pengujian ini diberikan tundaan maksimum sebesar 10000 μ s setelah titik nol terdeteksi. Dapat dilihat pada Gambar 4.6 sampai Gambar 4.9 bahwa semakin besar waktu tunda untuk pemicuan atau sinyal trigger triac, maka tegangan pada beban akan semakin kecil yang berarti juga bahwa daya listrik yang diberikan ke beban akan semakin kecil.

4.2.4 Pengujian Regulator Tegangan

Pengujian rangkaian regulator dilakukan dengan cara mengukur hasil tegangan keluaran rangkaian regulator. Tabel 3.3 adalah hasil pengujian regulator.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Regulator

Perangkat	Tegangan Ideal	Tegangan Hasil Pengujian
Arduino	7-12 VDC	12 VDC
Ultrasonic Humidifier	\pm 24 VDC	24 VDC
DC FAN	\pm 12 VDC	12 VDC
Driver Relay	5-7,5 VDC	5 VDC

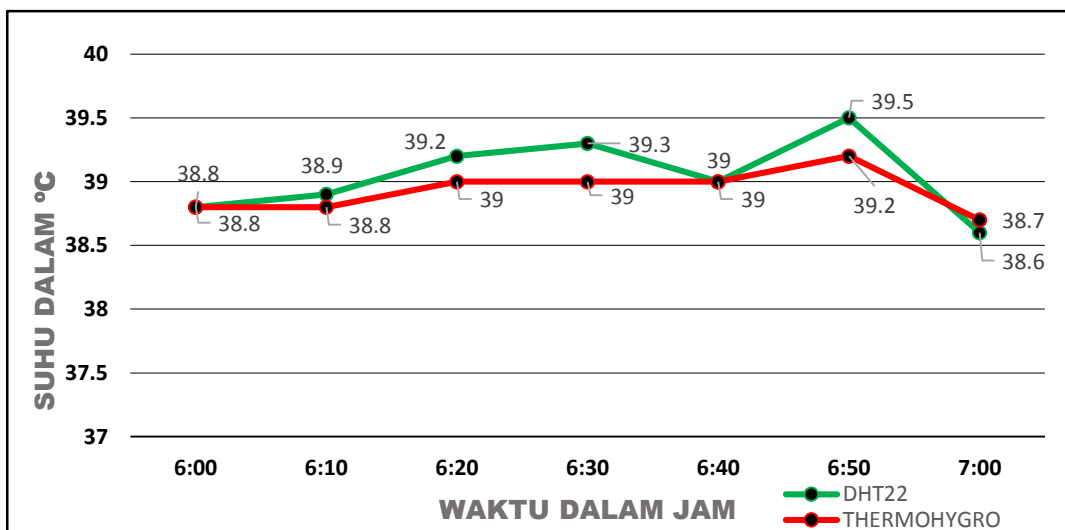
Dapat dilihat pada Tabel 4.1 hasil pengujian regulator didapat hasil pengujian yang sesuai dengan tegangan ideal yang dibutuhkan perangkat, sehingga rangkaian regulator yang di rancang dapat digunakan dalam penelitian ini.

4.2.5 Pengujian Pembacaan Suhu dan Kelembapan

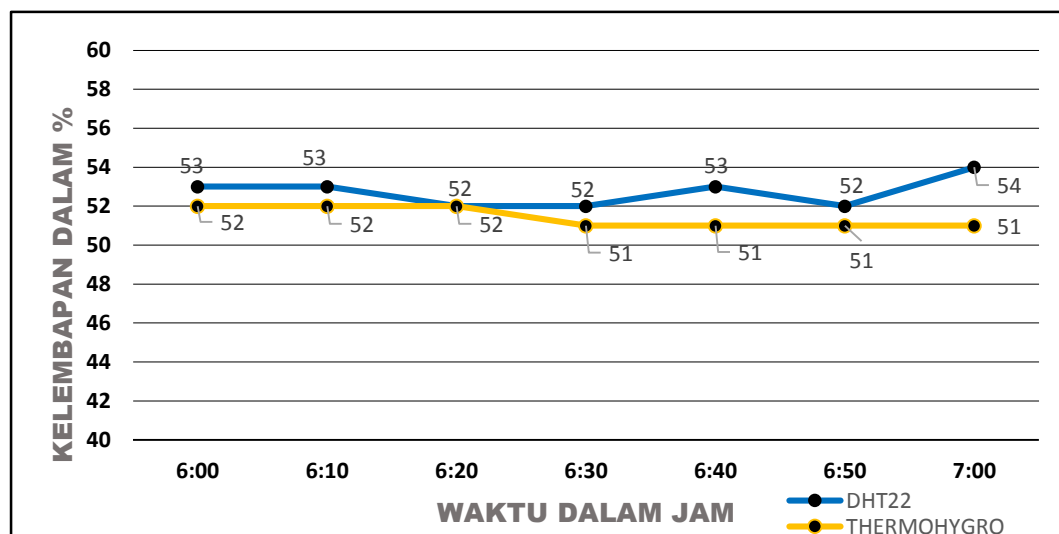
Pengujian suhu dan kelembapan dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DHT22 dengan *Thermohygrometer digital*. Pengukuran suhu dan kelembapan dilakukan 3 kali dalam suatu hari dengan *range* waktu 24 jam : 3 = 8 jam sekali pada pukul 06.00-07.00 (pagi), 14.00-15.00 (siang) dan 22.00-23.00 (malam) Tabel 4.2 sampai Tabel 4.4. memperlihatkan hasil pengujian pembacaan suhu dan kelembapan.

Tabel 4. 2 Hasil Pembacaan Suhu dan Kelembapan Pukul 06:00-07:00

Waktu (Jam)	Sensor DHT22		Thermohygrometer Digital		Selisih Pembacaan	
	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH
06:00	38.8	53	38.8	52	0	1
06:10	38.9	53	38.8	52	0.1	1
06:20	39.2	52	39.0	52	0.2	0
06:30	39.3	52	39.0	51	0.3	1
06:40	39.0	53	39.0	51	0	2
06:50	39.5	52	39.2	51	0.3	1
07:00	38.6	54	38.7	51	0.1	3
Rata-Rata	39	52.7	38.9	51.4	0.1	1.3



Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Suhu Sensor DHT22 dan Suhu Pada Thermohygro Digital Pukul 06:00-07:00

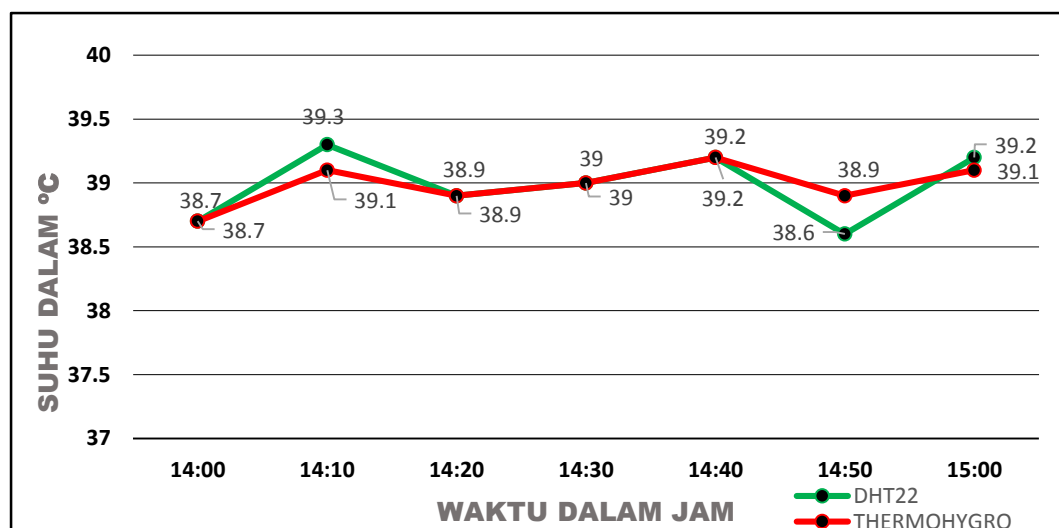


Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor DHT22 dan Kelembapan Pada Thermohygro Digital Pukul 06:00-07:00

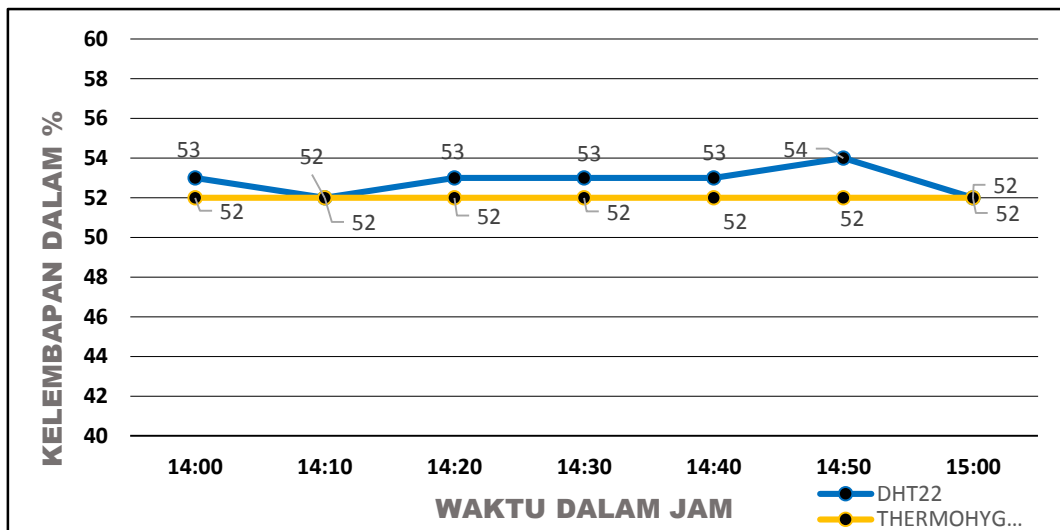
Dapat dilihat pada Tabel 4.2, Gambar 4.10 dan 4.11 bahwa rata-rata selisih pembacaan suhu antara sensor DHT22 dan *Thermohygrometer digital* adalah sebesar 0.1°C dari rata-rata pembacaan sensor DHT22 sebesar 39°C dan rata-rata pembacaan *Thermohygrometer digital* sebesar 38.9°C. Untuk selisih pembacaan kelembapan antara sensor DHT22 dan *Thermohygrometer digital* adalah sebesar 1.3 %RH (*Relative Humidity*) dari rata-rata pembacaan sensor DHT22 sebesar 52.7 %RH dan rata-rata pembacaan *Thermohygrometer digital* sebesar 51.4 %RH.

Tabel 4. 3 Hasil Pembacaan Suhu dan Kelembapan Pukul 14:00-15:00

Waktu (Jam)	Sensor DHT22		Thermohygrometer Digital		Selisih Pembacaan	
	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH
14:00	38.7	53	38.7	52	0	1
14:10	39.3	52	39.1	52	0.2	0
14:20	38.9	53	38.9	52	0	1
14:30	39.0	53	39.0	52	0	1
14:40	39.2	53	39.2	52	0	1
14:50	38.6	54	38.9	52	0.3	2
15:00	39.2	52	39.1	52	0.1	0
Rata-Rata	38.9	52.8	38.9	52	0.08	0.8



Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Suhu Sensor DHT22 dan Suhu Pada Thermohygro Digital Pukul 14:00-15:00

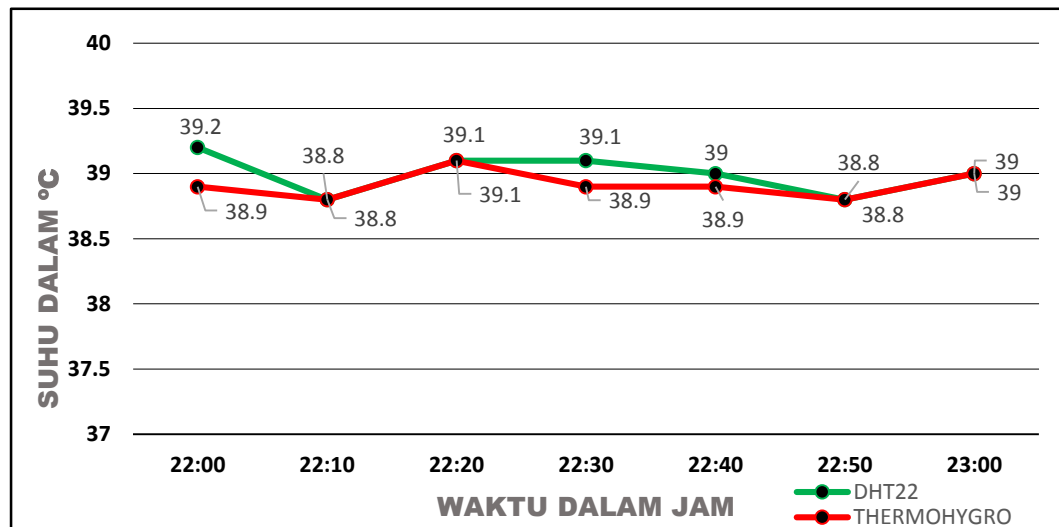


Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor DHT22 dan Kelembapan Pada Thermohygro Digital Pukul 14:00-15:00

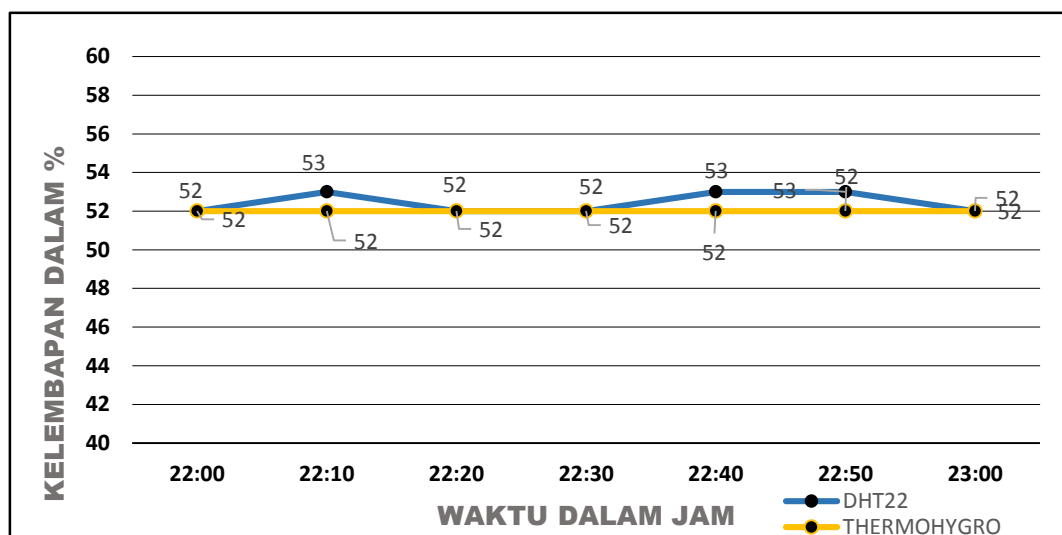
Dapat dilihat pada Tabel 4.3, Gambar 4.12 dan 4.13 bahwa rata-rata selisih pembacaan suhu antara sensor DHT22 dan *Thermohygrometer digital* adalah sebesar 0.08°C dari rata-rata pembacaan sensor DHT22 sebesar 38.9°C dan rata-rata pembacaan *Thermohygrometer digital* sebesar 38.9°C . Untuk selisih pembacaan kelembapan antara sensor DHT22 dan *Thermohygrometer digital* adalah sebesar $0.8\% \text{RH}$ (*Relative Humidity*) dari rata-rata pembacaan sensor DHT22 sebesar $52.8\% \text{RH}$ dan rata-rata pembacaan *Thermohygrometer digital* sebesar $52\% \text{RH}$.

Tabel 4.4 Hasil Pembacaan Suhu dan Kelembapan Pukul 22:00-23:00

Waktu (Jam)	Sensor DHT22		Thermohygrometer Digital		Selisih Pembacaan	
	$^{\circ}\text{C}$	%RH	$^{\circ}\text{C}$	%RH	$^{\circ}\text{C}$	%RH
22:00	39.2	52	38.9	52	0.3	0
22:10	38.8	53	38.8	52	0	1
22:20	39.1	52	39.1	52	0	0
22:30	39.1	52	38.9	52	0.2	0
22:40	39.0	53	38.9	52	0.1	1
22:50	38.8	53	38.8	52	0	1
23:00	39.0	52	39.0	52	0	0
Rata-Rata	39	52.4	38.9	52	0.08	0.4



Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Suhu Sensor DHT22 dan Suhu Pada Thermohygro Digital Pukul 22:00-23:00



Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor DHT22 dan Kelembapan Pada Thermohygro Digital Pukul 22:00-23:00

Dapat dilihat pada Tabel 4.4, Gambar 4.14 dan 4.15 bahwa rata-rata selisih pembacaan suhu antara sensor DHT22 dan *Thermohyrometer digital* adalah sebesar 0.08°C dari rata-rata pembacaan sensor DHT22 sebesar 39°C dan rata-rata pembacaan *Thermohyrometer digital* sebesar 38.9°C . Untuk selisih pembacaan kelembapan antara sensor DHT22 dan *Thermohyrometer digital* adalah sebesar

0.4 %RH (*Relative Humidity*) dari rata-rata pembacaan sensor DHT22 sebesar 52.4 %RH dan rata-rata pembacaan *Thermohygrometer digital* sebesar 52 %RH.

Dari ketiga pengujian pengukuran suhu dan kelembapan yang dilakukan pada pukul 06.00-07.00 (pagi), 14.00-15.00 (siang) dan 22.00-23.00 (malam), didapat rata-rata suhu sebesar 38.9°C dan rata-rata kelembapan sebesar 52.6%. sedangkan rata-rata hasil selisih perbandingan pembacaan sensor DHT22 dan *Thermohygrometer digital* untuk suhu sebesar 0.08°C dan untuk kelembapan sebesar 0.8%. Hasil tersebut sesuai pada suhu untuk penetasan telur ayam yang berkisar antara 38.33°-40.55°C dan kelembapan yang berkisar sekitar 52%-55%.

4.2.6 Pengujian Sistem Pemutaran Telur

Pengujian ini dilakukan untuk melihat kondisi perangkat motor AC dan *real time clock* dalam pengaturan pemutaran telur secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan yaitu 2 jam sekali. Pemutaran telur mulai dilakukan pada hari ke-3 hingga hari ke-18. Tabel 4.5. memperlihatkan pengujian pengaturan pemutaran telur.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Pemutaran Telur

Jam	Kriteria Perubahan Posisi Telur	Hasil Pengujian
08.00	180° CW	180° CW
10.00	180° CCW	180° CCW
12.00	180° CW	180° CW
14.00	180° CCW	180° CCW
16.00	180° CW	180° CW
18.00	180° CCW	180° CCW
20.00	180° CW	180° CW
22.00	180° CCW	180° CCW
24.00	180° CW	180° CW
02.00	180° CCW	180° CCW
04.00	180° CW	180° CW
06.00	180° CCW	180° CCW

Dapat dilihat pada Tabel 4.5 telur akan diputar setiap 2 jam sekali secara 180° CW (*clockwise*) atau searah jarum jam dan 180° CCW (*counterclockwise*) atau berlawanan arah jarum jam, hal ini bertujuan untuk meratakan panas pada telur dan mencegah embrio menempel pada salah satu sisi cangkang telur. Dari hasil pengujian sistem pemutaran telur dapat berjalan dengan baik sesuai waktu yang ditentukan.

4.2.7 Pengujian Sistem Buzzer

Pengujian buzzer dilakukan dengan melihat suatu keadaan abnormal atau hal yang tidak semestinya terjadi seperti suhu atau kelembapan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dari nilai yang ditetapkan. Saat hal-hal tersebut terjadi buzzer akan berbunyi sebagai penanda. Tabel 4.6. memperlihatkan hasil pengujian sistem buzzer.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Sistem Buzzer

Kriteria Pengujian	Kondisi Buzzer	Hasil Pengujian
Suhu < 35°C	<i>ON</i>	<i>ON</i>
Suhu > 45°C	<i>ON</i>	<i>ON</i>
Kelembapan < 40%	<i>ON</i>	<i>ON</i>
Kelembapan > 75%	<i>ON</i>	<i>ON</i>

Dapat dilihat pada Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengujian sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Buzzer akan *ON* pada kondisi-kondisi tertentu sesuai dengan kriteria pengujian.

4.2.8 Kriteria Pengujian Perangkat Inverter

Pengujian dilakukan untuk melihat output tegangan dan bentuk gelombang yang dihasilkan oleh perangkat inverter. Tabel 4.7 dan Gambar 4.16. memperlihatkan hasil pengujian perangkat inverter.

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Perangkat Inverter

Tegangan Input	Tegangan Output	Frekuensi Output	Bentuk Gelombang
12.2 VDC	216 VAC	50.38 Hz	<i>Pure Sine Wave</i>



Gambar 4. 16 Pengujian Perangkat Inverter

Dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.16 perangkat inverter yang digunakan mempunyai *output* tegangan 216 VAC / 50.38 Hz serta mempunyai *output* gelombang sinus murni yang diperlukan untuk pengontrolan tegangan AC.

4.2.9 Pengujian *Discharge* Baterai

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama baterai mampu *mbackup* atau menyediakan sumber listrik dengan beban mesin tetap ketika sumber PLN tidak tersedia. Tabel 4.8 memperlihatkan pengujian *discharge* baterai.

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian *Discharge* Baterai

Waktu (menit)	Tegangan Baterai	Arus Baterai	Daya
0	12.2 V	0 A	0
10	10.6 V	6.25 A	66.25 W
20	10.8 V	4.68 A	50.54 W
30	10.9 V	3.71 A	40.43 W
40	10.6 V	4.63 A	49.07 W
50	10.4 V	4.47 A	46.48 W
60	10.3 V	4.33 A	44.59 W
67	10.1 V	4.34 A	33.73 W



Gambar 4. 17 Pengujian *Discharge* Baterai

Gambar 4.17 menunjukkan proses *discharge* baterai dengan beban mesin tetas. Berdasarkan Tabel 4.8 lama waktu baterai dapat *membackup* atau menyediakan sumber listrik dengan beban mesin tetas adalah 1 jam 7 menit. Perangkat inverter yang digunakan mempunyai fitur untuk memutus aliran arus baterai ketika tegangan baterai kurang dari 10V, hal ini bertujuan untuk menghindari *over discharge* pada baterai.

4.2.10 Pengujian Rangkaian *Charger* Baterai

Pada pengujian pengisian baterai dilakukan untuk memperoleh data arus, tegangan output dan berapa lama sistem pengisian yang dilakukan dengan menggunakan baterai 12 V 10Ah. Gambar 4.18 sampai 4.20 menunjukkan proses pengisian baterai



Gambar 4. 18 Tegangan Awal Baterai



Gambar 4. 19 Awal Pengisian Baterai



Gambar 4. 20 Baterai Penuh

Tegangan *output charger* yang digunakan adalah sebesar 13.8 V. Dapat dilihat pada Gambar 4.18 menunjukkan tegangan awal baterai sebelum pengisian sebesar 11.3 V dan Gambar 4.19 menunjukan awal pengisian baterai dengan arus pengisian sebesar 0.46 A. Baterai terisi penuh ketika pengisian selama kurang lebih 20 jam yang dapat dilihat pada Gambar 4.20 dengan tegangan sebesar 14.3 V dan arus pengisian 0.23 A. dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat bahwa arus pengisian pada baterai akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya tegangan pada baterai, atau dapat disimpulkan bahwa kenaikan tegangan baterai berbanding terbalik dengan arus pengisian baterai.

4.2.11 Pengujian *Transfer Swicth*

Pengujian rangkaian pengalih tegangan dapat dilihat pada Tabel 4.9. pengujian dilakukan untuk melihat ketika sumber dari PLN tidak teredia maka perangkat inverter akan otomatis menjadi sumber utama bagi mesin penetas ini dan sebaliknya jika sumber listrik kembali tersedia maka rangkaian akan menganti sumber tegangan dari rangkaian inverter ke sumber PLN.

Tabel 4. 9 Pengujian *Transfer Swicth*

Kriteria Pengujian	Kondisi Relay	Hasil Pengujian
Sumber PLN Tersedia	<i>ON</i>	<i>ON</i>
Sumber PLN Tidak Tersedia	<i>OFF</i>	<i>OFF</i>

Dalam Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa hasil pengujian sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Saat relay *ON* sumber listrik akan diambil langsung dari sumber listrik utama (PLN). Sedangkan saat relay *OFF* sumber listrik secara otomatis akan diambil dari perangkat inverter.

4.2.12 Pengujian Penetasan Telur

Presentase penetasan telur menjadi tolak ukur baik tidaknya mesin penetas telur yang dibuat. Dalam penelitian ini dilakukan 3 kali proses penetasan. Berikut tabel 4.10. menunjukan tabel hasil pengujian penetasan.

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Penetasan

Pengujian Ke-	Jumlah Telur yang ditetaskan	Telur Menetas	Telur Tidak Menetas	Kondisi Anak Ayam			Daya Tetas (%)
				Normal	Cacat	Mati	
1	40	35	5	35	0	0	87.5 %
2	40	38	2	38	0	0	95 %
3	40	39	1	39	0	0	97.5 %
Rata-Rata Daya Tetas							93.3 %

Dapat dilihat pada Tabel 4.10 hasil pengujian pertama didapat hasil daya tetas sebesar 87.5 %. Telur yang tidak menetas pada hasil pengujian pertama dikarenakan tidak mampu memecah kerabang telur.



Gambar 4. 21 Telur yang Tidak Menetas

Pada gambar 4.21 dapat dilihat telur yang tidak menetas, hal ini bisa disebabkan karena kekurangan kelembapan sehingga cangkang telur menjadi keras. Untuk itu pada percobaan ke 2 dan 3 kelembapan dalam mesin tetas dinaikan sebesar 60%. Dengan menaikkan kelembapan pada pengujian ke 2 dan ke 3 didapat daya tetas yang lebih baik dari pengujian pertama, daya tetas pengujian ke 2 sebesar 95% dan pengujian ke 3 mempunyai daya tetas yang paling tinggi yaitu sebesar 97.5%. Dari 3 kali pengujian penetasan yang dilakukan didapat rata-rata daya tetas sebesar 93.3%.

4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian-pengujian yang telah dilakukan seperti :

1. Tuning dan Pengujian Respon Kontroler PID
2. Pengujian Rangkaian *Zero Crossing Detector*
3. Pengujian Rangkaian Pengontrol Tegangan AC

4. Pengujian Regulator Tegangan
5. Pengujian Pembacaan Suhu dan Kelembapan
6. Pengujian Sistem Pemutaran Telur
7. Pengujian Sistem Buzzer
8. Pengujian Perangkat Inverter
9. Pengujian *Discharge* Baterai
10. Pengujian *Charging* Baterai
11. Pengujian *Transfer Swicth*
12. Pengujian Penetasan Telur

Secara keseluruhan perangkat *input*, perangkat *output* dan sistem kendali dapat bekerja dengan baik, sehingga alat dapat bekerja sesuai dengan prinsip kerja mesin penetas telur otomatis yang dirancang dan telah mencapai target sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

4.4 Aplikasi Hasil Penelitian

Aplikasi dari produk penelitian ini dapat diterapkan dalam dunia usaha dan dunia industri. Alat ini dapat menjadi mesin penetas telur yang dapat digunakan oleh industri peternakan ayam, namun dengan beberapa penyesuaian seperti jumlah kapasitas telur. Selain itu mesin penetas ini dapat digunakan untuk peternak skala kecil dan laboratorium riset teknologi peternakan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil proses perancangan, pembuatan dan pengujian mesin penetas telur otomatis berbasis mikrokontroler yang dilakukan pada Juli 2017 - Februari 2018, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Mesin penetas telur yang dirancang mempunyai daya tetas atau tingkat keberhasilan yang tinggi sebesar 93.3%.
2. Jenis telur yang bisa ditetaskan mesin penetas telur yang dirancang adalah telur ayam kampung.
3. Sistem pemutaran telur 180° secara otomatis setiap 2 jam sekali.
4. Kelembapan dalam mesin tetas sebesar 52%-55%.
5. Proses peneropongan telur dilakukan secara manual.
6. Sumber listrik cadangan yang dirancang bekerja cukup baik dengan lama waktu operasi 1 jam 7 menit ketika sumber listrik utama tidak tersedia.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ditemukan beberapa kekurangan yang terdapat pada penelitian ini, sehingga peneliti mengajukan beberapa saran demi pengembangan penelitian ini. Saran tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Untuk kemudahan pengoprasian diperlukan pengaturan manual untuk nilai suhu dan kelembapan.
2. Untuk mendapatkan waktu *backup* sumber listrik cadangan yang lebih lama maka diperlukan baterai dengan kapasitas yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, F. S., & Farhan, M. (2013). *Sistem Deteksi Asap Rokok Pada Ruangan Bebas Asap Rokok Dengan Keluaran Suara*. STMIK MDP.
- Arduino. (n.d.). Arduino Product : Arduino Uno Rev3 [Online]. Tersedia : <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3> [diakses pada tanggal 8 Januari 2018].
- Aosong Eletronics. (n.d.). DHT22 Datasheet. Diunduh 7 February 2018, dari <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- Bachari, I., Sembiring, s., & Tarigan, D. S. (2006). *Pengaruh Frekuensi Pemutaran Telur Terhadap Daya Tetas dan Bobot Badan DOC Kampung*. Jurnal Agribisnis Perternakan, Vol. 2, No. 3., 101-105.
- Cahyono, B. (2011). *Ayam Buras Pedaging*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Dallas Semiconductor (n.d.). DS1307 Datasheet. Diunduh 7 February 2018, dari <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/DS1307.pdf>
- Dwiminarni, P. (2011). *A-Z Seputar Ruang Tamu*. Jakarta: Griya Kreasi (Penebar Swadaya Grup).
- Ferizki, M. M. (2017). *Rancang Bangun Sistem Pendingin Udara Menggunakan Metode Penguapan Air Dan Kontrol Logika Fuzzy [skripsi]*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Hartanto, W. B. (2016). *Ciri-ciri Telur Tetas Fertil atau Dibuahi*. Blitar: Balai Penyuluhan Pertanian, Perikanan dan Kehutanan.
- Hartono, T., & Isman. (2012). *Kiat Sukses Menetaskan Telur Ayam*. Jakarta: PT Agro Media Pustaka.
- Indrawati, E., Saili, T., & Rahadi, S. (2015). Fertilitas, Daya Hidup Embrio, Daya Tetas dan Bobot Tetas Telur Ayam Ras Hasil Inseminasi Buatan Dengan Ayam Tolaki. *JITRO VOL.1 No.3*, 10-18.
- Iswanto, H. (2005). *Ayam Kampung Pedaging*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Jantzen, J. (1998). *Tuning Of Fuzzy PID Controllers*. Denmark: Department of Automation Technical University of Denmark.
- Kholis, S., & B.Sarwono. (2013). *Ayam Elba, Kampung Petelur Super*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Krista, B., & Harianto, B. (2013). *Jago Bisnis dan Beternak Ayam Kampung*. Jakarta: PT Argo Media Pustaka.
- Manai, S. (2014). *Membuat Sendiri Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Jakarta: Bukudigital.net .
- Monk, S. (2016). *The Maker's Guide to The Zombie Apocalypse*. San Francisco: William Pollock.
- Nafiu, L. O., Rusdin, M., & Aku, A. S. (2014). *Daya Tetas dan Lama Menetas Telur Ayam Tolaki Pada Mesin Tetas Dengan Sumber Panas yang Berbeda. JITRO VOL.1 NO.1, 35.*
- Ogata, K. (1995). *Teknik Kontrol Automatik (sistem pengaturan) Jilid 1 / Katsuhiko Ogata ; alih bahasa Edi Leksono*. Jakarta: Erlangga.
- Ogata, K. (2011). *Modern Control Engineering Fifth Edition*. New Jersey: Pearson Education.
- Paimin, F. B. (2011). *Membuat dan Mengelola Mesin Tetas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Prakoso, H., Warnoto., & Karyadi, P., (2012). *Pengaruh Lama Pemadaman Sumber Pemanas Mesin Tetas Terhadap Perorma Penetasan Telur Ayam*. Jurnal Sain peternakan Indonesia Vol 7. No.2.
- Rama., Wibowo, S., & Silitonga, S. (2016). *Pengaruh Umur Induk dan Posisi Peletakan Telur pada Mesin Tetas Terhadap Daya Tetas Telur Ayam Buras (Gallus gallus domesticus)*. Jurnal Ilmu Hewani Tropika Vol 5. No. 1.
- Rashid, M. H. (1999). *Elektronika Daya*. Jakarta: Prenhallindo.
- Rasyaf, M. (2011). *Beternak Ayam Kampung*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rukmana, H. R. (2003). *Ayam Buras*. Yogyakarta: Kanisius.
- Setiawan, I. (2008). *Kontrol PID untuk Proses Industri*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Suprijatna, E., Atmomarsono, U., & Kartasudjana, R. (2005). *Ilmu Dasar Ternak Unggas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Udjianto, A. (2016). *Beternak Ayam Kampung Paling Unggul*. Jakarta: PT Argo Media Pustaka.
- Yaman, A. (2010). *Ayam Kampung Unggul 6 Minggu Panen*. Jakarta: Penebar Swadaya.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Spesifikasi teknis dan gambar Mesin Penetas Telur Berbasis Mikrokontroler.

1. Spesifikasi Teknis

Dimensi : 72cm × 49cm × 55cm

Kapasitas telur : 60 butir

Sumber Tegangan : 220V AC

Mikrokontroler : Arduino Uno Rev3

Perangkat Input : - Sensor DHT22
- *Zero Crossing Detector*
- *Real Time Clock*

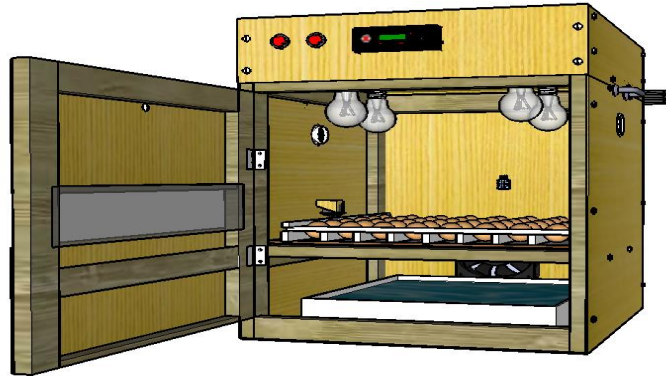
Perangkat Output : - Motor AC
- DC Fan
- Humidifier
- LCD 16x2
- Buzzer
- Heater

Bahan Pembuat : *Medium Density Board*

Pemanas : Lampu Pijar

Tipe rak : Sistem Rak Geser

2. Gambar



Tampak Depan



Tampak Samping



Tampak Belakang

Lampiran 2 Source Code Arduino Master.

```
#include <PID_v1.h>
double Setpoint, Input, Output;
double Kp=25, Ki=20, Kd=10;
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT);
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7);
#include <dht.h>
#define DHT22_PIN 4
dht DHT;
#include "RTClib.h"
RTC_DS1307 RTC;
int fan = 7;
int buz = 6;
int humidifier = 5;
int motor = 2;
float temp;
float temp1;
float hum;
float hum1;
byte dimming;
byte termometru[8] =
{
    B00100,
    B01010,
    B01010,
    B01110,
    B01110,
    B11111,
    B11111,
    B01110
};
byte picatura[8] =
{
    B00100,
    B00100,
    B01010,
    B01010,
    B10001,
    B10001,
    B10001,
    B01110,
};

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    Setpoint = 39;
    myPID.SetMode(AUTOMATIC);
```

```

myservo.attach(servoPin);
myservo.write(20,5,true);
lcd.begin (16,2);
lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);
lcd.setBacklight(HIGH);
Wire.begin();
RTC.begin();
lcd.createChar(1,termometru);
lcd.createChar(2,picatura);
pinMode(fan, OUTPUT);
pinMode(buz, OUTPUT);
pinMode(humidifier, OUTPUT);
pinMode(motor, OUTPUT);
digitalWrite(motor, LOW);
digitalWrite(fan, LOW);
digitalWrite(humidifier, LOW);
if (! RTC.isrunning()) {
  lcd.print("RTC is NOT running!");
  RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
}
}

void loop(){
rtc();
suhu();
turning();
Wire.beginTransmission(8);
Wire.write("level");
Wire.write(dimming);
Wire.endTransmission();
}

void rtc() {

// *** PENGATURAN TANGGAL, BULAN, TAHUN ***

    DateTime now = RTC.now();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(now.day(), DEC);
    lcd.print('/');
    lcd.print(now.month(), DEC);
    lcd.print('/');
    lcd.print(now.year(), DEC);
    lcd.print(' ');

// ***** PENGATURAN JAM, MENIT, DETIK *****

    lcd.setCursor(0, 1);
    if (now.hour() >= 0 && now.hour() < 10) {
        lcd.print('0');
    }
    lcd.print(now.hour(), DEC);
    lcd.print(':');

```

```

        if (now.minute() >= 0 && now.minute() < 10) {
            lcd.print('0');
        }
        lcd.print(now.minute(), DEC);
        lcd.print(':');
        if (now.second() >= 0 && now.second() < 10) {
            lcd.print('0');
        }
        lcd.print(now.second(), DEC);
Serial.print("JAM          : ");
Serial.print(now.hour(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.minute(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.println(now.second(), DEC);
}

void suhu(){
    int chk = DHT.read22(DHT22_PIN);
    hum = DHT.humidity;
    temp = DHT.temperature;
    temp1 = (temp-1.5);
    hum1 = (hum+1);
    Input = (temp1);
    Serial.print("SUHU          : ");
    Serial.println(temp1);
    Serial.print("KELEMBAPAN : ");
    Serial.println(hum1);
    myPID.Compute();
    lcd.setCursor(10, 1);
    lcd.print(temp1,1);
    lcd.print((char)223);
    lcd.print("C");
    lcd.setCursor(10, 0);
    lcd.print((char)2);
    lcd.print(hum1,1);
    lcd.print("%");
    if (Output >238 ){
        Output =238;
    }
    if (Output <25 ){
        Output =25;
    }
    delay(1000);
    if (hum1 < 50 ){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("          WARNING");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("  LOW HUMIDITY");
        digitalWrite(buz, HIGH );
        delay(1000);
        digitalWrite(buz, LOW);
    }
}

```

```

    lcd.clear();
}
if (hum1 > 75 ){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("    WARNING");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("  HI HUMIDITY");
    digitalWrite(buz, HIGH );
    delay(1000);
    digitalWrite(buz, LOW);
    lcd.clear();
}
if (hum1 < 75 && hum1 > 50 ){
    digitalWrite(buz, LOW);
}
if (temp1 < 37 ){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("    WARNING");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" LOW TEMPERATURE");
    digitalWrite(buz, HIGH );
    delay(1000);
    digitalWrite(buz, LOW);
    lcd.clear();
}
if (temp1 > 40 ){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("    WARNING");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" HI TEMPERATURE");
    digitalWrite(buz, HIGH );
    delay(1000);
    digitalWrite(buz, LOW);
    lcd.clear();
}
if (temp1 < 40 && hum1 > 37 ){
    digitalWrite(buz, LOW);
}

if (hum1 < 52 ){
    digitalWrite(humidifier, HIGH );
    digitalWrite(fan, LOW);
}
if (hum1 > 55 ){
    digitalWrite(humidifier, LOW);
    digitalWrite(fan, HIGH);
}
if (hum1 < 55 && hum1 > 52 ){
    digitalWrite(humidifier, LOW);
    digitalWrite(fan, LOW);
}

```

```

}
if (hum1 > 55 && hum1 < 52 ){
    digitalWrite(humidifier, LOW);
    digitalWrite(fan, LOW);
}
dimming = Output;
Serial.print("PID          : ");
Serial.println(Output);
Serial.println("");
Serial.println("");
}
void turning(){
    DateTime now = RTC.now();
    if (now.hour() == 8 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01){
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
    if (now.hour() == 12 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
    if (now.hour() == 16 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
    if (now.hour() == 20 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
    if (now.hour() == 00 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
    if (now.hour() == 04 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }

    //0 derajat
    if (now.hour() == 10 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {

```



```

        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
    if (now.hour() == 14 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
    if (now.hour() == 18 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
    if (now.hour() == 22 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
    if (now.hour() == 02 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
    if (now.hour() == 06 && now.minute() ==00 && now.second
() ==01) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(6000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }
}

```

Lampiran 3 *Source Code* Arduino Slave

```
#include <Wire.h>
int AC_LOAD = 3;
int dimming = 2;

void setup()
{
  attachInterrupt(0, zero_crosss_int, RISING);
  Wire.begin(8);
  Wire.onReceive(receiveEvent);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(AC_LOAD, OUTPUT);
}

void zero_crosss_int()
{
  int dimtime = (38*dimming);
  delayMicroseconds(dimtime);
  digitalWrite(AC_LOAD, HIGH);
  delayMicroseconds(20);
  digitalWrite(AC_LOAD, LOW);
}

void loop() {
void reciveEvent();
Serial.println(dimming);
}

void receiveEvent() {
  while (1 < Wire.available()) {
    char c = Wire.read();
  }
  float dim = Wire.read();
  dimming=(270-dim);
}
```

Lampiran 4 Dokumentasi Proses Penetasan

1. Penetasan Pertama



Proses Pemasukan Telur Pada Tanggal 16 Oktober 2017



Proses Peneropongan Telur Pada Hari Ke-7



Telur Mulai Mentetas

2. Penetasan Kedua



Proses Pemasukan Telur Pada Tanggal 14 November 2017



Proses Peneropongan Telur Pada Hari Ke-18

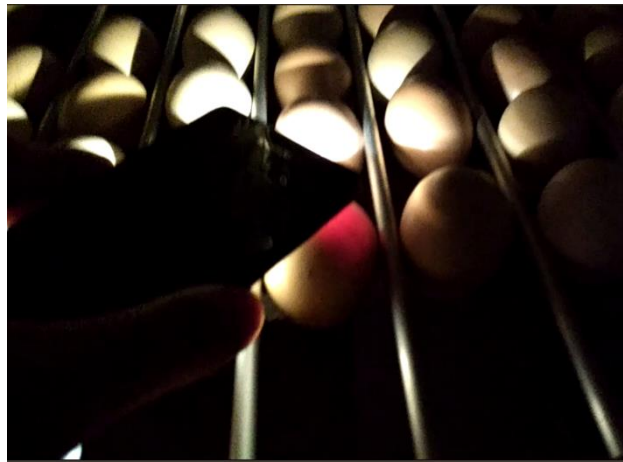


Telur Mulai Menetas

3. Penetasan Ketiga



Proses Pemasukan Telur Pada Tanggal 11 Desember 2017



Proses Peneropongan Telur Pada Hari Ke-18



Telur Mulai Menetas

RIWAYAT HIDUP



Heas Priyo Wicaksono. Lahir di Bekasi 02 Juli 1996 merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Asmat Suherman dan Heni Kurniati. Bertempat Tinggal di Kp. Pedurenan RT02/RW07 No.64 Kelurahan Jatiluhur, Kecamatan Jatiasih, Kota Bekasi 17425.

Peneliti menyelesaikan pendidikan formal dimulai dari tingkat sekolah dasar di SDN Jatiluhur IV Bekasi dan lulus pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 24 Kota Bekasi dan lulus pada tahun 2010. Selanjutnya peneliti melanjutkan ke tingkat Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 7 Kota Bekasi dengan Jurusan Teknik Otomasi Industri dan lulus pada tahun 2013. Setelah lulus SMK penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta dengan Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika dengan masuk melalui jalur SNMPTN.