

**TUGAS AKHIR**  
**SISTEM PENGENDALIAN DAN *MONITORING***  
**PRODUKSI TELUR LALAT *BLACK SOLDIER FLY***  
***BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)***

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan untuk menjadi  
Sarjana Terapan pada Program Studi S.Tr Teknik Telekomunikasi  
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang



Disusun oleh :

**BENNY HARTANTO SETIYADI**

**4.39.19.0.06**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**POLITEKNIK NEGERI SEMARANG**

**2023**

**TUGAS AKHIR**  
**SISTEM PENGENDALIAN DAN *MONITORING***  
**PRODUKSI TELUR LALAT *BLACK SOLDIER FLY***  
***BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)***

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan untuk menjadi  
Sarjana Terapan pada Program Studi S.Tr Teknik Telekomunikasi  
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang



Disusun oleh :

**BENNY HARTANTO SETIYADI**

**4.39.19.0.06**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**POLITEKNIK NEGERI SEMARANG**

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul “**Sistem Pengendalian dan *Monitoring* Produksi Telur Lalat *Black Soldier Fly* Berbasis *Internet of Things (IoT)***” yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang, sejauh yang Saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Sarjana Terapan di lingkungan Politeknik Negeri Semarang maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Semarang, 05 Juni 2023

Mahasiswa Pelaksana

Benny Hartanto Setiyadi

NIM 4.39.19.0.06

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir yang berjudul judul “**Sistem Pengendalian dan *Monitoring* Produksi Telur Lalat *Black Soldier Fly* Berbasis *Internet of Things (IoT)***” dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tugas akhir.

Semarang, 05 Juni 2023

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Ari Sriyanto N., S.T., M.T., M.Sc.

NIP. 197409042005011001

Sindung H.W.S., B.S.E.E, M.Eng.Sc.

NIP. 196301251991031001

Mengetahui

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi

Ari Sriyanto N., S.T., M.T., M.Sc.

NIP. 197409042005011001

## **HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir dengan judul “**Sistem Pengendalian dan *Monitoring* Produksi Telur Lalat *Black Soldier Fly* Berbasis *Internet of Things (IoT)***” telah dipertahankan dalam ujian wawancara dan diterima sebagai syarat untuk menjadi Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang pada tanggal 06 Februari 2023.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Sistem Pengendalian dan *Monitoring* Produksi Telur Lalat *Black Soldier Fly* Berbasis *Internet of Things (IoT)*”** tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk menjadi Sarjana Terapan pada Program Studi S.Tr Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang.

Dalam pelaksanaan dan penyelesaian laporan tugas akhir ini penulis dibantu oleh banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT.
2. Bapak Prof., Dr., Totok Prasetyo., B.Eng (Hons)., MT., IPU., ASEAN.Eng., ACPE., selaku Direktur Politeknik Negeri Semarang.
3. Bapak Yusnan Badruzzaman, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Ari Sriyanto N., S.T., M.T., M.Sc., selaku Ketua Prodi S.Tr Teknik Telekomunikasi dan merangkap menjadi Pembimbing I yang telah banyak berjasa, membantu, mendukung penuh dan membimbing Saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Sindung H.W.S., B.S.E.E, M.Eng.Sc., selaku Pembimbing II yang telah banyak berjasa, membantu, mendukung penuh dan membimbing Saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak, Ibu dosen, dan staff teknik Prodi S.Tr Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Semarang.
7. Bapak, Ibu, dan semua keluarga Penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa yang tulus.
8. Teman beserta sahabat yang melakukan studi didalam Prodi S.Tr Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Semarang angkatan 2019.

Semarang, 05 Juni 2023

Penulis

## **ABSTRAK**

*Benny Hartanto Setiyadi. “Sistem Pengendalian dan Monitoring Produksi Telur Lalat Black Soldier Fly”, Tugas Akhir Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang, dibawah bimbingan Ari Sriyanto N., S.T., M.T., M.Sc., dan SINDUNG H.W.S., B.S.E.E, M.Eng.Sc., 13 Februari 2023, 51 Halaman. 200 kata, disusun setelah penelitian font 10 TimesNR*

Permasalahan mengenai sampah merupakan sebuah permasalahan yang dialami oleh semua negara baik negara maju maupun negara berkembang seperti contohnya Indonesia. Dengan begitu banyaknya sampah dari jenis sisa makanan ini menjadi fokus penting Pemerintah khususnya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dalam mengedukasikan solusi kepada para masyarakat umum maupun Pengelola Tempat Pembuangan Akhir (TPA) untuk mengolah sampah sisa makanan tersebut menjadi produk organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak alternatif. Adapun sumber pakan ternak yang dimaksud adalah larva dari serangga Lalat Black Soldier Fly atau BSF (dalam bahasa latin: *Hermetia illucens* L) atau yang sering disebut dengan Lalat Tentara Hitam. Lalat ini mampu mengurai limbah sisa makanan dalam waktu beberapa hari saja tergantung dengan berapa besar kandang tempat lalat tersebut ditempatkan. Permasalahan berupa penyediaan air minum dan pengaturan intensitas cahaya inilah yang menjadi fokus penting dalam pembuatan suatu sistem yang dapat menyelesaikan kedua permasalahan tersebut. Dengan pembuatan sistem ini bertujuan untuk memperpanjang masa hidup lalat agar dapat bertahan hidup lebih lama dan diharapkan dapat bereproduksi hingga menghasilkan telur sebelum lalat tersebut mati, menstimulasi lalat agar mampu melakukan reproduksi ketika terjadi keadaan intensitas cahaya yang menurun dan dapat mengontrol dan mengautomasikan proses pemberian air minum dan penerangan lampu stimulan kepada lalat agar dapat menghasilkan jumlah telur yang lebih optimal. Metode penelitian yang digunakan dalam yaitu metode penelitian *waterfall* dengan sistem yang linier, *output* pada tahap sebelumnya akan menjadi *input* bagi tahap selanjutnya.

Kata kunci: Tugas akhir, IoT, Automation, *Black Soldier Fly*, *Hermetia illucens*, identifikasi, algoritma haar cascade classifier

## ***ABSTRACT***

Fitri Yuni Astuti and Yulia Setiani. "DESIGN OF MONITORING AND WATER CONTROL MODEL IN SMART BUILDING SYSTEM BASED ON IoT", Final Project Diploma III of Telecommunication Engineering Department of Electrical Engineering Semarang State Polytechnic, under the guidance of Sarono Widodo, S.T., M.Kom. and Arif Nursyahid, Drs., M.T.

Water is a basic human need to carry on life and improve the welfare of life. Development in the field of Water Resources (SDA) is basically an effort to meet these water needs. Until now, water cannot be separated from aspects of life. Installations of water use monitoring and control systems in institutional buildings such as schools or companies often use manual switches which result in waste of water due to the lack of monitoring of the amount of water usage due to the manual system. Therefore a design for monitoring and controlling water use via the web and Android was made using Arduino as a microcontroller and utilizing LoRa technology for data transmission which is equipped with a solenoid valve and flowmeter for water control and monitoring purposes. By using this system the operator can monitor water usage and if there is an unreasonable use of water it can be controlled via the web or Android at any time as needed. This system is also equipped with leak notifications sent via the Telegram platform.

Keywords: Water, Smart Building, Solenoid Valve, Flowmeter, LoRa, control, monitoring



## DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	3
1.3. Perumusan Masalah.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Metodologi Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	6
BAB II DASAR TEORI .....	8
2.1. Tinjauan Pustaka .....	8
2.2. Landasan Teori.....	9
2.2.1. <i>Black Soldier Fly</i> .....	9
2.2.2. <i>Internet of Things (IoT)</i> .....	13
2.2.3. <i>Bot telegram API</i> .....	13
2.2.4. <i>Mikrokontroler ESP32</i> .....	14
2.2.5. <i>Sensor Intensitas Cahaya BH1750</i> .....	14
2.2.6. <i>Digital Lux Light Meter</i> .....	15
2.2.7. <i>Sensor Suhu DHT11</i> .....	15
2.2.8. <i>Temperature Meter</i> .....	16
2.2.10. <i>USB Charger</i> .....	17
2.2.11. <i>Relay</i> .....	18
2.2.12. <i>Plain PCB</i> .....	19
2.2.13. <i>Panel Box</i> .....	19
2.2.14. <i>Toggle Switch</i> .....	20

2.2.15.	<i>LCD</i> .....	20
2.2.16.	<i>Pompa DC 12 V 130Psi</i> .....	21
2.2.17.	<i>MiFi 4G LTE</i> .....	21
2.2.18.	<i>Lampu Fertilizer</i> .....	22
BAB III RANCANGAN SISTEM.....		23
3.1.	<b>Rancangan Sistem</b> .....	23
3.2.	<b>Perencanaan</b> .....	23
3.2.1.	<b>Diagram Blok Sistem</b> .....	23
3.2.2.	<b>Arsitektur <i>Hardware</i></b> .....Error! Bookmark not defined.	
3.2.3.	<b>Flowchart Diagram</b> .....	25
3.2.4.	<b>Wiring Diagram</b> .....Error! Bookmark not defined.	
3.3.	<b>Perancangan</b> .....Error! Bookmark not defined.	
3.3.1.	<b>Perancangan <i>Arsitektur Software</i></b> .....	27
3.3.2.	<b>Proses Pekerjaan Perancangan</b> .....Error! Bookmark not defined.	
3.3.3.	<b>Proses Pekerjaan Bubut dan <i>Assembly</i></b> ..... Error! Bookmark not defined.	
3.3.4.	<b><i>Reliability Device Test</i></b> .....Error! Bookmark not defined.	
3.4.	<b>Pengujian</b> .....	31
3.4.1.	<b>Rancangan Uji</b> .....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Metode Waterfall (Sumber : Ian Sommerville, 2011).....	5
Gambar 2.1 Lalat <i>Black Soldier Fly</i> (Sumber : Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Bali).....	9
Gambar 2.2 Siklus Hidup <i>Lalat Black Soldier Fly</i> (Sumber : Tomberlin et al. (2002) yang dimodifikasi).....	10
Gambar 2.3 The Botfather, layanan untuk membuat dan mengelola akun bot telegram (Sumber : <a href="https://telegram.me/botfather">https://telegram.me/botfather</a> ) .....	13
Gambar 2.4 ESP32 Mikrokontroler dengan <i>external antenna</i> (Sumber : <a href="https://tokopedia.link/6e1K2JgBoub">https://tokopedia.link/6e1K2JgBoub</a> ) .....	14
Gambar 2.5 <i>Sensor</i> BH1750 (Sumber : <a href="https://tokopedia.link/wxJ0pAOjsub">https://tokopedia.link/wxJ0pAOjsub</a> ) ....	14
Gambar 2.6 Digital Lux Light Meter (Sumber : <a href="https://tokopedia.link/Zfh7rXamsub">https://tokopedia.link/Zfh7rXamsub</a> ).....	15
Gambar 2.7 <i>Sensor</i> DHT11 (Sumber : <a href="https://tokopedia.link/hOzuF1Cosub">https://tokopedia.link/hOzuF1Cosub</a> ) .....	16
Gambar 2.8 Alat ukur temperatur (Sumber : <a href="https://vandelaybrands.com/products/vandelay-infrared-thermometer">https://vandelaybrands.com/products/vandelay-infrared-thermometer</a> ) .....	16
Gambar 2.9 Alat ukur temperatur (Sumber : <a href="https://vandelaybrands.com/products/vandelay-infrared-thermometer">https://vandelaybrands.com/products/vandelay-infrared-thermometer</a> ) .....	17
Gambar 2.10 Kepala USB charger dual-ports.....	17
Gambar 2.11 Relay 4 – channel .....	18
Gambar 2.12 <i>Plain PCB</i> .....	19
Gambar 2.13 Panel box elektronika .....	19
Gambar 2.14 Toggle Switch 1021 .....	20
Gambar 2.15 <i>LCD 20x4</i> .....	20
Gambar 2.16 Pompa air <i>high pressure</i> .....	21
Gambar 2.16 MiFi Huawei .....	21
Gambar 2.17 <i>Grow Light</i> (Sumber: <a href="https://www.thisoldhouse.com/gardening/22621681/best-led-grow-light">https://www.thisoldhouse.com/gardening/22621681/best-led-grow-light</a> ) .....	22
Gambar 3.1 Diagram blok sistem. (Dok. Penulis) .....	24
Gambar 3.2 Sistem kontrol ESP32 ke Telegram. (Dok. Penulis) <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Gambar 3.3 Mekanisme sistem dalam flowchart bagian – 1 (Dok. Penulis).....	25

Gambar 3.4 Mekanisme sistem dalam flowchart bagian – 2 (Dok. Penulis).....	26
Gambar 3.5 <i>Wiring diagram</i> atau pengkabelan komponen (Dok. Penulis) ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.6 Ide dasar arsitektur <i>software</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.7 Mengaplikasikan <i>wiring diagram</i> (Dok. Penulis) ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.8 Melakukan simulasi alat Tugas Akhir (Dok. Penulis) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.9 Melakukan <i>soldering</i> komponen Tugas Akhir (Dok. Penulis) ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.10 Tahapan restorasi besi siku (Dok. Penulis) ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.11 Melakukan pengukuran <i>hole estimations</i> (Dok. Penulis).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.12 Tahapan pekerjaan bubut hingga <i>assembly</i> (Dok. Penulis).....	31

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel rujukan tinjauan pustaka untuk pembuatan sistem .....	8
Tabel 3.1 Pengujian pada hardware mist pressurized water .....	37
Tabel 3.2 Pengujian pada <i>hardware lampu fertilizer</i> .....	37
Tabel 3.3 Pengujian akurasi sensor .....	38
Tabel 3.4 Pengujian hubungan antara suhu dan intensitas cahaya dengan pola reproduksi lalat .....	39
Tabel 3.5 Pengujian perintah <i>command message</i> pada Bot telegram dan GPIO <i>switch</i> .....	41

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Permasalahan mengenai sampah merupakan sebuah permasalahan yang dialami oleh semua negara baik negara maju maupaun negara berkembang seperti contohnya Indonesia. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, yang dimaksud sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah ini dihasilkan manusia setiap melakukan aktivitas sehari-hari.

Adapun jenis sifat sampahnya, dapat dikategorikan menjadi 2 yaitu, sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang dapat membusuk dan dapat terurai oleh lingkungan dengan bantuan hewan maupun serangga pengurai. Sedangkan, sampah anorganik tidak dapat terurai oleh lingkungan dengan cara yang sesingkat sampah organik, sampah ini membutuhkan waktu ribuan tahun hingga dapat terurai menjadi tanah. Oleh sebab itu, sampah anorganik harus dikumpulkan untuk diolah kembali (didaur ulang) menjadi benda yang sama atau menjadi benda berbeda yang dapat digunakan kembali oleh manusia.

Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mencatat, Indonesia menghasilkan sampah sebanyak 21,88 juta ton pada 2021. Jumlah itu menurun 33,33% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebanyak 32,82 juta ton. Kondisi tersebut berbeda dengan tahun 2020 yang jumlah sampahnya justru meningkat 12,63%. Sementara, jumlah timbulan sampah pada 2019 sebanyak 29,14 juta ton. Berdasarkan wilayahnya, Jawa Tengah menjadi provinsi dengan sampah terbesar di Indonesia pada 2021, yakni 3,65 juta ton. Posisinya disusul oleh Jawa Timur dengan sampah sebanyak 2,64 juta ton (Mahdi & Bayu, 2021).

Menurut data dari SIPSAN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional) pada tahun 2021, diketahui bahwa komposisi jenis sampah terbesar disumbang oleh jenis

sisa makanan sebesar 40.1% kemudian disusul oleh plastik 17.5%, kayu 13%, kertas 11.9% dan 17.5% jenis sampah lainnya (SIPSN, 2022).

Dengan begitu banyaknya sampah dari jenis sisa makanan ini menjadi fokus penting Pemerintah khususnya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dalam mengedukasikan solusi kepada para masyarakat umum maupun Pengelola Tempat Pembuangan Akhir (TPA) untuk mengolah sampah sisa makanan tersebut menjadi produk organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak alternatif.

Adapun sumber pakan ternak yang dimaksud adalah larva dari serangga Lalat *Black Soldier Fly* atau *BSF* (dalam bahasa latin: *Hermetia illucens L*) atau yang sering disebut dengan lalat tentara hitam. Lalat ini mampu mengurai limbah sisa makanan dalam waktu beberapa hari saja tergantung dengan berapa besar kandang tempat lalat tersebut ditempatkan. Saat menuju fase prepupa hingga menjadi lalat *BSF* dewasa, lalat tersebut akan berhenti makan dan lalat tersebut akan mati setelah selesai bereproduksi (kawin) untuk lalat pejantan dan mati setelah bertelur untuk lalat betina.

Pada saat fase reproduksi didapatkan bukti bahwa terdapat lalat yang sudah mati lebih awal sebelum melakukan kegiatan reproduksi. Hal ini secara umum disebabkan oleh 2 faktor penting yaitu, lalat yang tidak mendapatkan minum secara rutin dikarenakan mereka sudah berhenti makan di fase prepupa dan faktor intensitas sinar cahaya matahari yang kurang menstimulasi lalat dalam melakukan proses reproduksi. Dijelaskan bahwa panjang gelombang 450-700 nm berpengaruh terhadap tingkah laku kawin lalat *BSF*, sedangkan pada panjang gelombang 350-450 nm tidak menstimulasi terjadinya aktivitas kawin *BSF*. Panjang gelombang cahaya yang masih dapat dilihat oleh insekta sekitar 700 nm (Briscoe & Chittka, 2001).

Permasalahan berupa penyediaan air minum dan pengaturan intensitas cahaya inilah yang menjadi fokus penting dalam pembuatan suatu sistem yang dapat menyelesaikan kedua permasalahan tersebut. Dengan kata lain teknologi tersebut diharapkan mampu untuk secara otomatis maupun manual untuk disetel atau dikontrol menggunakan smartphone melalui jaringan internet agar nantinya dapat

menyediakan kondisi lingkungan di area kandang yang ideal. Sehingga, lalat dapat menghasilkan jumlah telur yang lebih optimal.

*Internet of Things (IoT)* merupakan sebuah konsep di mana suatu benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti *sensor* dan *software* dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke internet. *IoT* memiliki hubungan yang erat dengan istilah *machine-to-machine* atau *M2M*. Seluruh alat yang memiliki kemampuan komunikasi *M2M* ini sering disebut dengan perangkat cerdas atau *smart devices*. Perangkat cerdas ini diharapkan dapat membantu kerja manusia dalam menyelesaikan berbagai urusan atau tugas yang ada (Setiawan, 2021b).

## 1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Membuat rancang bangun sistem *IoT* untuk pengendalian dan *monitoring* produksi telur lalat *BSF* pada kandangnya dengan integrasi *platform* telegram.
2. Rancang bangun sistem tersebut dapat mengendalikan kondisi *water pump*.
3. Rancang bangun sistem tersebut dapat mengendalikan kondisi lampu *fertilizer*.
4. Rancang bangun sistem tersebut bersifat *hybrid* yang artinya memiliki kemampuan untuk bertransisi dari *manual mode* ke *automatic mode* dan sebaliknya.

## 1.3. Perumusan Masalah

Dari berbagai tujuan diatas, dapat dijadikan sebagai landasan untuk menyelesaikan masalah berupa :

1. Bagaimana membuat sistem pengendalian dan *monitoring* untuk kandang lalat *BSF* yang dapat mengendalikan kondisi *water pump* dan lampu *fertilizer* terintegrasi oleh *platform* telegram dengan kemampuan *hybrid*.



#### 1.4. Batasan Masalah

Dari pembuatan tugas akhir ini, fokus yang dapat dijadikan sebagai pedoman pengentasan masalah berupa :

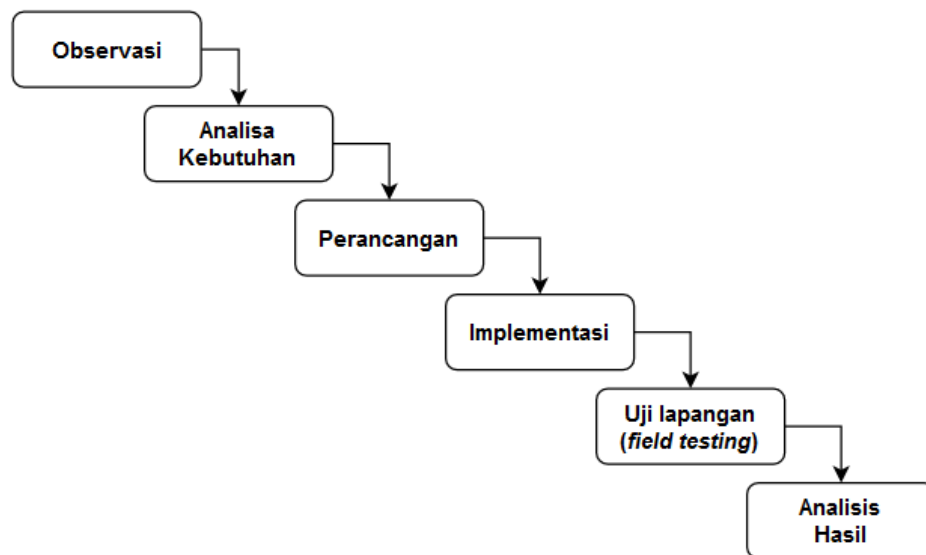
1. Topik dari tugas akhir ini akan berfokus pada lalat *BSF* dewasa yang memasuki masa reproduksi hingga bertelur mengenai metode perawatan yang akan dikendalikan oleh sistem yang akan dibuat.
2. Produk yang dihasilkan akan berupa sebuah prototipe yang bersifat *hybrid* agar dapat dikonfigurasi baik secara otomatis maupun manual.
3. Permintaan dari user yang menginginkan agar sistem yang dibuat agar dapat mudah dikendalikan bahkan pada saat kondisi internet terputus.
4. Adapun parameter yang dapat dikonfigurasi berupa air pada *water pump* dan cahaya pada lampu *fertilizer*
5. Adapun prototipe tersebut akan berbentuk sebuah *panel box* yang terdiri dari rangkaian komponen elektronika dengan ESP32 sebagai otaknya, DHT11 dan BH1750 sebagai *sensor*, sedangkan *water pump* dan lampu *fertilizer* sebagai aktuatornya.
6. Khusus untuk *sensor* BH1750 hanya akan digunakan sebagai pendeteksi naik dan turunnya nilai intensitas cahaya untuk merubah kondisi aktuator lampu *fertilizer*. Dikarenakan hasil dari pembacaan *sensor readings* memiliki standarisasi penilaian yang berbeda dengan alat ukur *light meter* membuat nilai yang dihasilkan memiliki selisih nilai yang acak dan tidak beragam.
7. Prototipe tersebut terhubung dengan bot pada *platform* telegram yang hanya dapat diakses oleh pengguna telegram yang bergabung pada grup “Maggot BSF Kab. Semarang” sebagai upaya preventif dari serangan oleh pihak yang tidak bertanggungjawab.

#### 1.5. Metodologi Penelitian

Metode penelitan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu metode penelitian *Software Development Life Cycle* model *Waterfall*. Metode *SDLC* sendiri adalah proses pembuatan dan pengubahan sistem serta model dan metodologi yang digunakan untuk mengembangkan sistem rekayasa perangkat lunak dalam pengembangan produk. Sedangkan model *waterfall* adalah metode kerja yang

menekankan fase-fase yang berurutan dan sistematis. Disebut *waterfall* karena proses mengalir satu arah “ke bawah” seperti air terjun. Metode *waterfall* ini harus dilakukan secara berurutan sesuai dengan tahap yang ada (Setiawan, 2021a).

Alur dari penelitian tugas akhir dapat digambarkan pada gambar 1.1 sebagai berikut :



Gambar 1.1 Metode *SDLC* model *waterfall*  
pada penelitian tugas akhir (Sumber : Dok. Penulis)

Berikut ini merupakan penjelasan dari alur *SDLC* model *waterfall* :

1. Observasi

Kegiatan dilakukan dengan cara kunjungan secara langsung dengan mengamati kondisi lingkungan budidaya lalat *BSF* di tempat *user* atau mitra usaha di TPA Blondo, Kabupaten Semarang untuk mengumpulkan data – data yang diperlukan pada pembuatan tugas akhir.

2. Analisa Kebutuhan

Tahapan ini merupakan kelanjutan dari proses observasi untuk merencanakan beberapa hal yang terkait dengan kebutuhan yang diinginkan oleh *user*, teknologi yang akan dipakai, anggaran yang dikeluarkan dan lain – lain.

3. Perancangan

Pada tahap perancangan, penerapan teknologi diterapkan mulai dari arsitektur sistem secara keseluruhan yang didalamnya arsitektur *hardware* yang

didalamnya terdapat rangkaian komponen elektronika yang digambarkan dalam *wiring diagram* beserta *flowchart* dan arsitektur *software* yang menjelaskan bagaimana sistem dapat beroperasi dan melakukan komunikasi dengan *platform telegram* agar dapat dikonfigurasi.

#### 4. Implementasi

Tahapan ini merupakan penerapan dari tahap perancangan dimana setiap model – model rancangan dikerjakan hingga membentuk sebuah perangkat prototipe yang dapat dioperasikan secara *hybrid*.

#### 5. Uji lapangan

Pengujian pada lapangan untuk membuktikan keandalan sistem pada perangkat prototipe beserta keakuratan pembacaan *sensor readings* untuk dibandingkan dengan kondisi awal pemanenan telur lalat *BSF* tanpa interaksi perangkat prototipe.

#### 6. Analisis Hasil

Merupakan tahapan akhir dimana data – data hasil pengujian yang telah dilakukan pada tahap uji lapangan dilakukan proses interpretasi untuk memperoleh jawaban dalam bentuk ilmiah yang mudah dipahami, dapat dipertanggung jawabkan serta dapat disimpulkan.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini dilakukan pengelompokkan menurut isi dalam beberapa bab. Bagian yang dapat berdiri sendiri dipisahkan dengan bagian yang lain dan ditempatkan dalam bab tersendiri dengan maksud mempermudah pemahaman. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

## **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab I Pendahuluan berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, manfaat, tujuan yang diharapkan, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

## **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab II Tinjauan Pustaka berisi tentang penjelasan mengenai teori–teori penunjang yang dijadikan landasan dalam mengerjakan tugas akhir.

## **BAB III : KEGIATAN PELAKSANAAN**

Bab III Kegiatan Pelaksanaan berisi tentang tahap perancangan, tahap pembuatan, dan cara kerja alat yang dibuat.

## **BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab IV Analisis dan Pembahasan berisi tentang pembahasan hasil percobaan, serta pembahasan analisa hasil percobaan.

## **BAB V : KESIMPULAN**

Bab V Kesimpulan berisi tentang kesimpulan secara keseluruhan dari hasil analisis dan saran dalam rangka memperbaiki dan menyempurnakan tugas akhir.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Daftar Pustaka berisi sumber-sumber, jurnal, studi pustaka, yang penulis cantumkan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

## **LAMPIRAN**

Lampiran berisi data atau pelengkap atau hasil olahan yang menunjang penulisan laporan tugas akhir tetapi tidak dicantumkan di dalam isi tugas akhir, karena akan mengganggu kesinambungan penulisan.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam pembuatan tugas akhir ini, untuk membuat alat yang memiliki sistem dengan fitur pengendalian dan *monitoring*, diperlukan kajian mendalam mengenai relasi antara suatu penelitian sebelumnya dengan penelitian yang sedang dibuat. Idealnya hal ini berguna untuk melihat kekurangan dan kelebihan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang bisa bersumber dari jurnal ilmiah maupun buku – buku tertentu. Selain kelebihan dan kekurangan, hal lain yang dapat dijadikan sebagai rujukan berupa: teknologi yang dipakai, tambahan materi yang didapat, parameter hasil pengujian dan masih banyak lagi.

Setelah mengetahui tujuan dari tinjauan pustaka diatas, pada tabel 2.1 merupakan beberapa hasil yang telah dijadikan sebagai rujukan dalam pembuatan “ Sistem Pengendalian dan *Monitoring* Produksi Telur *Lalat Black Soldier Fly* ”.

Tabel 2.1 Tabel rujukan tinjauan pustaka untuk pembuatan sistem

No	Nama Artikel	Deskripsi Penelitian	Keterangan
1.	<i>Black Soldier Fly rearing with artificial light: how to ensure mating success and fertile eggs</i> (Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag)	Proses pengujian <i>BSF</i> dengan menggunakan <i>artificial lights</i> SolarRaptor untuk menguji faktor efisiensi aktivitas reproduksi	Pengujian dilakukan didalam fasilitas riset Eawag di Switzerland menggunakan beragam lampu yang berbeda untuk mengetahui efek lampu buatan terhadap aktifitas reproduksi <i>BSF</i>
2.	<i>Black Soldier Fly (Hermetia illucens)</i> sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan	Pengumpulan fakta – fakta dari penelitian terdahulu mengenai morfologi dan siklus hidup, kandungan	Fakta – fakta yang dikumpulkan tersebut menjadi sebuah data yang dapat menjelaskan lengkap secara detail mengenai

	Ternak (April Hari Wardhana, 2017)	nutrisi, pemanfaatan sebagai pakan ternak serta analisis ekonomi pada <i>BSF</i>	<i>BSF</i> serta manfaat yang dapat diperoleh manusia
3.	<i>Automated IoT Device to Manipulate Environmental Condition of Black Soldier Fly</i> (Kevin Kristianto, Ronaldo Vieri Lambert, Abba Suganda Girsang. Maret, 2022)	Memanipulasi kondisi ruangan tempat <i>BSF</i> berada untuk memaksimalkan produksi telur dengan menggunakan <i>sensor</i> BH1750 dan DHT11 dengan <i>output</i> berupa <i>warm bulb</i> dan <i>exhaust fan</i> .	Pembahasan penjelasan menjelaskan tentang tabel pengujian keadaan ruangan yang dipasang dengan output dan ruangan yang tidak ada outputnya. Serta hasil telur yang telah dihasilkan.

## 2.2. Landasan Teori

Dalam pembuatan tugas akhir ini, terdapat teori – teori yang menjadi pendukung atau yang menjadi landasan untuk membangun alat dengan sistem yang direncanakan, antara lain :

### 2.2.1. *Black Soldier Fly*



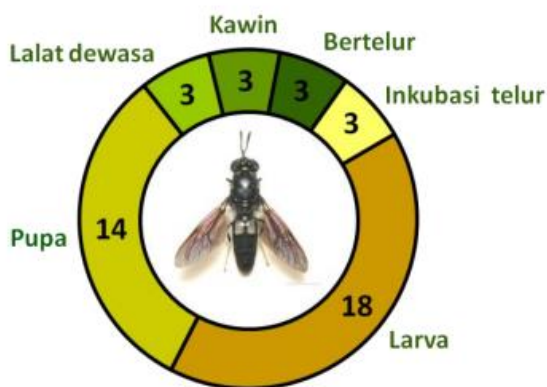
Gambar 2.1 Lalat *Black Soldier Fly*

(Sumber : Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Bali)

*Black Soldier Fly* (*BSF*), lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*, *Diptera: Stratiomyidae*) pada gambar 2.1 adalah salah satu insekta yang mulai banyak

dipelajari karakteristiknya dan kandungan nutriennya. Lalat ini berasal dari Amerika dan selanjutnya tersebar ke wilayah subtropis dan tropis di dunia. (Čiřková et al., 2015). Kondisi iklim tropis Indonesia sangat ideal untuk budidaya *BSF*. Ditinjau dari segi budidaya, *BSF* sangat mudah untuk dikembangkan dalam skala produksi massal dan tidak memerlukan peralatan yang khusus. Tahap akhir larva (prepupa) dapat bermigrasi sendiri dari media tumbuhnya sehingga memudahkan untuk dipanen. Selain itu, lalat ini bukan merupakan lalat hama dan tidak dijumpai pada pemukiman yang padat penduduk sehingga relatif aman jika dilihat dari segi kesehatan manusia. (Li et al., 2011)

Dari berbagai insekta yang dapat dikembangkan sebagai pakan, kandungan protein larva *BSF* cukup tinggi, yaitu 40-50% dengan kandungan lemak berkisar 29-32%. (Bosch et al., 2014). (Rambet et al., 2015) menyimpulkan bahwa tepung *BSF* berpotensi sebagai pengganti tepung ikan hingga 100% untuk campuran pakan ayam pedaging tanpa adanya efek negatif terhadap pencernaan bahan kering (57,96-60,42%), energi (62,03-64,77%) dan protein (64,59-75,32%), walaupun hasil yang terbaik diperoleh dari penggantian tepung ikan hingga 25% atau 11,25% dalam pakan.



Gambar 2.2 Siklus Hidup *Lalat Black Soldier Fly*  
(Sumber : Tomberlin et al. (2002) yang dimodifikasi)

Menurut (Tomberlin & Sheppard, 2002) bahwa siklus hidup *BSF* dari telur hingga menjadi lalat dewasa berlangsung sekitar 40-43 hari, tergantung dari kondisi lingkungan dan media pakan yang diberikan (gambar 2.2). Lalat betina akan meletakkan telurnya di dekat sumber pakan, antara lain pada bongkahan kotoran

unggas atau ternak, tumpukan limbah bungkil inti sawit (BIS) dan limbah organik lainnya. Lalat betina tidak akan meletakkan telur di atas sumber pakan secara langsung dan tidak akan mudah terusik apabila sedang bertelur.

Seekor lalat betina *BSF* normal mampu memproduksi telur berkisar 185-1235 telur. (Rachmawati et al., 2015). Literatur lain menyebutkan bahwa seekor betina memerlukan waktu 20-30 menit untuk bertelur dengan jumlah produksi telur antara 546-1.505 butir dalam bentuk massa telur (Tomberlin & Sheppard 2002). Berat massa telur berkisar 15,8-19,8 mg dengan berat individu telur antara 0,026-0,030 mg. Waktu puncak bertelur dilaporkan terjadi sekitar pukul 14.00-15.00. Lalat betina dilaporkan hanya bertelur satu kali selama masa hidupnya, setelah itu mati. (Tomberlin & Sheppard, 2002).

Suhu merupakan salah satu faktor yang berperan dalam siklus hidup *BSF*. Suhu yang lebih hangat atau di atas 30°C menyebabkan lalat dewasa menjadi lebih aktif dan produktif. Suhu optimal larva untuk dapat tumbuh dan berkembang adalah 30°C, tetapi pada suhu 36°C menyebabkan pupa tidak dapat mempertahankan hidupnya sehingga tidak mampu menetas menjadi lalat dewasa. Pemeliharaan larva dan pupa *BSF* pada suhu 27°C berkembang empat hari lebih lambat dibandingkan dengan suhu 30°C. (Tomberlin et al., 2009). Suhu juga berpengaruh terhadap masa inkubasi telur. Suhu yang hangat cenderung memicu telur menetas lebih cepat dibandingkan dengan suhu yang rendah.

Seperti yang terlihat pada gambar 2.2, lalat dewasa akan bertahan setidaknya 3 hari sebelum mereka mati dalam kondisi tidak makan dan minum. Meskipun lalat dewasa tidak memerlukan pakan sepanjang hidupnya, tetapi pemberian air dan madu dilaporkan mampu memperpanjang lama hidup dan meningkatkan produksi telur. (Rachmawati et al., 2015) membuktikan bahwa puncak kematian lalat dewasa yang diberi minum madu terjadi pada hari ke-10 hingga 11, sedangkan pada lalat yang diberi minum air terjadi kematian tertinggi pada hari kelima hingga kedelapan dan berlanjut pada hari ke-10 hingga 12. Ditinjau dari waktu bertelurnya, lalat betina yang diberi minum madu mencapai puncak waktu bertelur pada hari kelima, sedangkan pada perlakuan pemberian air terjadi pada hari ketujuh.



Aktivitas kawin *BSF* umumnya terjadi pada pukul 8.30 dan mencapai puncaknya pada pukul 10.00 di lokasi yang penuh tanaman (vegetasi) ketika suhu lingkungan mencapai 27°C. Lalat betina hanya kawin dan bertelur sekali selama masa hidupnya. Saat melakukan aktivitas kawin, lalat jantan akan memberikan sinyal ke lalat betina untuk datang ke lokasi yang telah ditentukan oleh pejantan. Perkawinan *BSF* terjadi di tanah dengan posisi jantan dan betina berlawanan (saling membelakangi) atau di daerah yang penuh dengan vegetasi. Namun, ada juga laporan yang menyebutkan bahwa perkawinan dapat juga terjadi di udara. (Wardhana et al., 2016).

Umumnya lalat dewasa membutuhkan penerangan yang tinggi tetapi masih di bawah intensitas sinar matahari. Minimal intensitas cahaya yang dibutuhkan untuk aktivitas kawin adalah 70  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , sedangkan puncak aktivitas kawin terjadi pada kondisi penerangan 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  atau lebih dari 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  hingga 500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . (Sheppard et al., 2002).

Menurut situs (apogeeinstruments.com, 2016) Mikromol: *per second and square meter* ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Istilah ini didasarkan pada jumlah *photon* dalam insiden *waveband* tertentu per satuan waktu (s) pada satuan luas ( $\text{m}^2$ ) dibagi dengan konstanta Avogadro ( $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ). Ini biasanya digunakan untuk menggambarkan *Photosynthetic Active Radiation* atau *PAR* dalam *waveband* 400-700 nm (Thimijan, Richard W., et al. 2018:818-822). Untuk memudahkan pembacaan, konversi nilai satuan 10  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  setara dengan 540 lux. Jika cahaya yang dibutuhkan minimal pada lalat untuk aktivitas kawin adalah 70  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , maka intensitas cahaya yang diperlukan adalah  $\pm 3780 \text{ lux}$  (Sheppard et al., 2002).

### 2.2.2. *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things (IoT)* merupakan sebuah konsep di mana suatu benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti *sensor* dan *software* dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke internet (Setiawan, 2021b).

### 2.2.3. *Bot telegram API*

Bot adalah akun Telegram yang dioperasikan oleh program. Mereka dapat menanggapi pesan atau sebutan, dapat diundang ke dalam grup, dan dapat diintegrasikan dengan program lain. Bot juga dapat menerima pembayaran *online* yang dilakukan dengan kartu kredit (Wikipedia.com, 2022b).



Gambar 2.3 The Botfather, layanan untuk membuat dan mengelola akun bot telegram (Sumber : <https://telegram.me/botfather>)

Seperti ilustrasi pada gambar 2.3, telegram juga menawarkan *Application Programming Interface (API)* melalui The Botfather yang memungkinkan pengembang membuat akun bot yang dikendalikan oleh program. Berbagai bot semacam itu digunakan di berbagai bidang sebagai contohnya, bot pernah digunakan untuk memainkan *game* lama di aplikasi, memberi tahu pengguna tentang ketersediaan vaksin untuk COVID-19 dan masih banyak lagi. Dalam pengaplikasiannya, *API* dalam bot telegram akan dijadikan sebagai pen jembatan komunikasi antara mikrokontroler ESP32 dengan *server* di telegram. Bertujuan agar *user* dapat menerima *output data* sekaligus mengirimkan perintah pada ESP32.

#### 2.2.4. Mikrokontroler ESP32



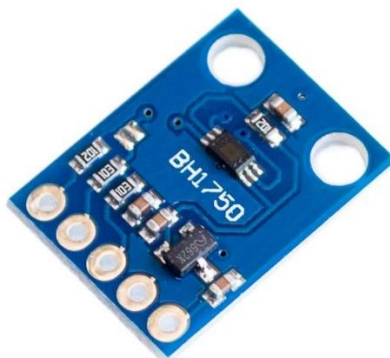
Gambar 2.4 ESP32 Mikrokontroler dengan *external antenna*

(Sumber : <https://tokopedia.link/6e1K2JgBoub>)

ESP32 pada gambar 2.4 adalah serangkaian sistem *low cost* dan *low power* pada mikrokontroler *chip* dengan Wi-Fi terintegrasi dan Bluetooth mode ganda. ESP32 dibuat dan dikembangkan oleh Espressif Systems, sebuah perusahaan Cina yang berbasis di Shanghai, dan diproduksi oleh (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) TSMC menggunakan proses 40 nm (nanometer) mereka (Wikipedia.com, 2022a).

Mikrokontroler ini memiliki fungsi untuk mengontrol segala lalu lintas data komunikasi yang bersumber dari *sensor* dan aktuator.

#### 2.2.5. Sensor Intensitas Cahaya BH1750



Gambar 2.5 Sensor BH1750 (Sumber : <https://tokopedia.link/wxJ0pAOjsb>)

BH1750 adalah *sensor cahaya ambient digital* pada gambar 2.5 yang biasa digunakan pada ponsel untuk memanipulasi kecerahan layar berdasarkan pencahayaan lingkungan. *Sensor* ini dapat secara akurat mengukur nilai LUX cahaya hingga 65535 lux (Components101.com, 2019).

*Sensor* ini digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang berada di sekitar kandang lalat, dengan mengacu pada nilai *sensor* tersebut, dapat dikalkulasi berapa besar intensitas lampu yang dibutuhkan untuk menstimulasi lalat agar memproduksi telur dengan jumlah yang optimal.

#### **2.2.6. Digital Lux Light Meter**

Alat Ini adalah alat yang digunakan untuk mengukur nilai intensitas cahaya seperti halnya *sensor* BH1750. Alat ini digunakan untuk mencocokkan dan mengkalibrasi nilai lux yang terekam pada *sensor* BH1750 yang terdapat pada gambar 2.6.

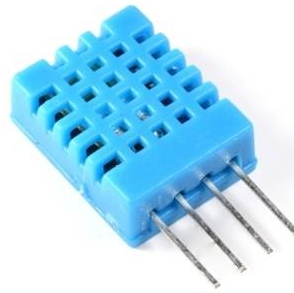


Gambar 2.6 Digital Lux Light Meter

(Sumber : <https://tokopedia.link/Zfh7rXamsub>)

#### **2.2.7. Sensor Suhu DHT11**

DHT11 adalah *sensor* suhu dan kelembaban yang umum digunakan yang dilengkapi dengan *mikrokontroler* 8-bit untuk menampilkan nilai suhu dan kelembaban sebagai data *serial* (Components101.com, 2021). Seperti yang terlihat pada gambar 2.7, DHT11 memiliki warna biru dan memiliki 4 kaki pin.



Gambar 2.7 *Sensor DHT11* (Sumber : <https://tokopedia.link/hOzuF1Cosub>)

Dalam penerapannya, DHT11 ini bersama dengan BH1750 akan menjadi faktor penentu apakah perlu menyalakan lampu fertilizer di saat kondisi kandang lalat membutuhkannya, misalnya saat suhu dingin atau intensitas saat cahaya redup.

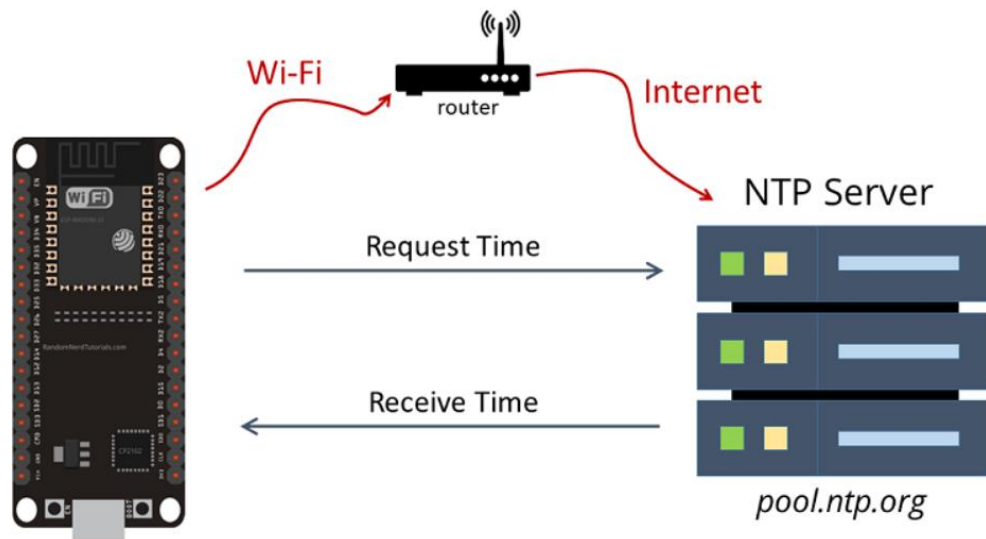
#### 2.2.8. *Temperature Meter*



Gambar 2.8 Alat ukur temperatur (Sumber : <https://www.tokopedia.com/anugerahmed-mlg/thermometer-hygrometer-digital-htc1-thermometer-untuk-suhu-ruangan>)

Berfungsi sebagai alat ukur suhu dalam bentuk digital. Sama halnya dengan *digital lux light meter*, *temperature meter* akan dijadikan sebagai pencocok antara pembacaan sistem dengan pembacaan pada alat ukur ini dalam satuan *celsius*. Seperti yang tertera pada gambar 2.8 ini merupakan contoh alat ukur temperatur yang bertipe *thermo gun*.

### 2.2.9. NTP (Network Time Protocol)



Gambar 2.9 Alat ukur temperatur (Sumber :

<https://vandelaybrands.com/products/vandelay-infrared-thermometer>)

*Network Time Protocol* gambar 2.9 adalah kependekan dari *NTP* yang merupakan protokol jaringan untuk sinkronisasi jam antara sistem komputer. Dengan kata lain, ini digunakan untuk menyinkronkan waktu jam komputer dalam jaringan. Ada *server ntp* yang dapat digunakan siapa saja untuk meminta waktu sebagai klien. Dalam hal ini, ESP32 adalah klien *ntp* yang meminta waktu dari *ntp server pool.ntp.org* (Santos & Santos, 2020).

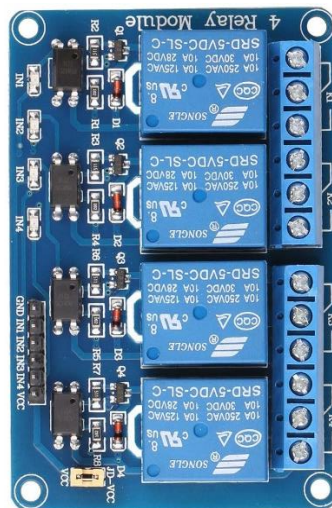
### 2.2.10. USB Charger



Gambar 2.10 Kepala USB charger dual-ports

*USB Charger* pada gambar 2.10 berfungsi sebagai catu daya untuk menyalakan mikrokontroler ESP3. Alasan untuk memilih ini adalah tegangan dan arus yang dikeluarkan merupakan *regulated power*, dimana tegangan yang didapat adalah 5V dan arus yang daya yang dapat diambil sekitar 18-20Watt secara *flat* tanpa perlu takut akan terjadinya lonjakan tegangan atau daya secara tiba – tiba.

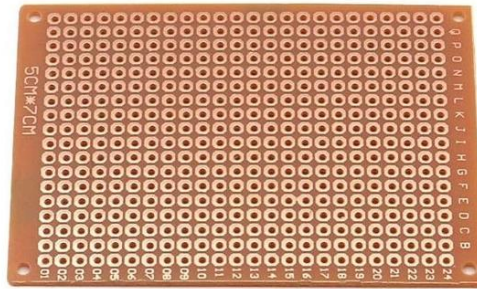
### 2.2.11. Relay



Gambar 2.11 Relay 4 – channel

*Relay* pada gambar 2.11 adalah sebuah *switch* atau saklar yang dioperasikan secara *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni bagian *coil* dan mekanikal (Kho, 2015). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *relay* yang menggunakan tegangan 5V mampu menggerakkan *Armature Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A (Kho, 2015). Pada penerapannya, relay ini akan digunakan untuk mengontrol saklar pada *water pump* dan lampu *fertilizer*.

### 2.2.12. Plain PCB



Gambar 2.12 Plain PCB

Pada gambar 2.12 merupakan sebuah *plain PCB* atau yang sering disebut dengan *dot matrix PCB*. Tujuan menggunakan PCB ini ialah untuk mengumpulkan komponen - komponen yang dapat dikumpulkan didalam panel box elektrik. Setelah itu, semua komponen yang terpasang barulah dapat dikuatkan dengan proses *soldering*.

### 2.2.13. Panel Box



Gambar 2.13 Panel box elektronika

*Panel box* sendiri pada gambar 2.13 sering digunakan sebagai tempat penyimpanan yang digunakan untuk menyimpan komponen aktif elektronika. Komponen – komponen yang sekiranya muat untuk dikumpulkan di *panel box* akan dimasukkan kedalamnya dengan tambahan *plain PCB* sebagai tempat untuk menghubungkan antar komponen.



#### 2.2.14. Toggle Switch



Gambar 2.14 Toggle Switch 1021

*Toggle switch* pada gambar 2.14 merupakan perantara untuk memutuskan atau menyambungkan arus listrik pada sebuah rangkaian, sehingga rangkaian dapat berfungsi bila saklar dalam posisi ON, sedangkan ketika posisi OFF maka rangkaian akan berhenti berfungsi. Adapun jenis yang digunakan merupakan *Single Position, Single Throw (SPST)* jenis saklar toggle paling sederhana. Satu sisi adalah *terminal input*, dan sisi lain adalah *terminal output*. Di satu posisi sakelar dalam kondisi *open* dan tidak ada koneksi yang dibuat, dan tidak ada daya yang dapat mengalir ke alat. Di posisi lain kedua terminal terhubung dan arus dapat dialirkan (rangkaianelektronika.info, 2019).

#### 2.2.15. LCD



Gambar 2.15 LCD 20x4

*Liquid Crystal Display* atau *LCD* pada gambar 2.15 adalah suatu jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan gambar yang terlihat. Teknologi *LCD* sudah banyak digunakan pada produk-produk seperti layar Laptop, layar Ponsel, layar Kalkulator, layar Jam

Digital, layar Multimeter, Monitor Komputer, Televisi, layar Game portabel, layar Thermometer Digital dan produk-produk elektronik lainnya (Kho, 2018).

#### 2.2.16. Pompa DC 12 V 130Psi



Gambar 2.16 Pompa air *high pressure*

Pompa air pada gambar 2.16 ini merupakan pompa air bertekanan tinggi yang mampu mengalir air dengan tekanan 130Psi (*Pound per square inch*) yang ditenagai dengan catu daya sebesar 12VDC, 60Watt. Output dari pompa air ini berbentuk seperti kabut atau *mist* yang sering terlihat pada tempat pencucian kendaraan bermotor.

#### 2.2.17. MiFi 4G LTE



Gambar 2.16 MiFi Huawei

*Mobile* WiFi atau MiFi pada gambar 2.16 merupakan sebuah perangkat penyedia koneksi internet portabel yang menggunakan koneksi *broadband* berbasis *simcard* sebagai jalur komunikasi ke internet. Dengan ketersediaan koneksi tersebut, data yang berada pada mikrokontroler ESP32 dapat dikirimkan ke *server telegram* dan dapat menerima perintah dari pesan bot telegram.

### 2.2.18. *Lampu Fertilizer*



Gambar 2.17 *Grow Light* (Sumber:

<https://www.thisoldhouse.com/gardening/22621681/best-led-grow-light>)

Penyebutan *Lampu Fertilizer* berawal dari tujuan awal lampu ini yaitu “fertilize” atau yang bermakna menyuburkan. Pada gambar 2.17, penerapan lampu ini digunakan di kalangan botanis yang menggunakan lampu *grow light* yang didalamnya terdapat kombinasi spektrum warna biru dan merah yang digabungkan. Disaat lampu tersebut dipancarkan akan memunculkan warna ungu dengan sebutan *ultraviolet* yang dimana lampu tersebut secara *artificial* dapat mempengaruhi pertumbuhan makhluk hidup seperti tanaman (waveformlighting.com, 2018). Dikarenakan serangga memiliki karakteristik yang sama saat terpapar cahaya, menjadikan *grow light* ini dipilih menjadi lampu *fertilizer* yang secara teknis dengan intensitas cahaya yang tinggi dapat mempengaruhi aktivitas reproduksi lalat. Sehingga, diharapkan dapat meningkatkan hasil produksi telur lalat *BSF*.

## BAB III

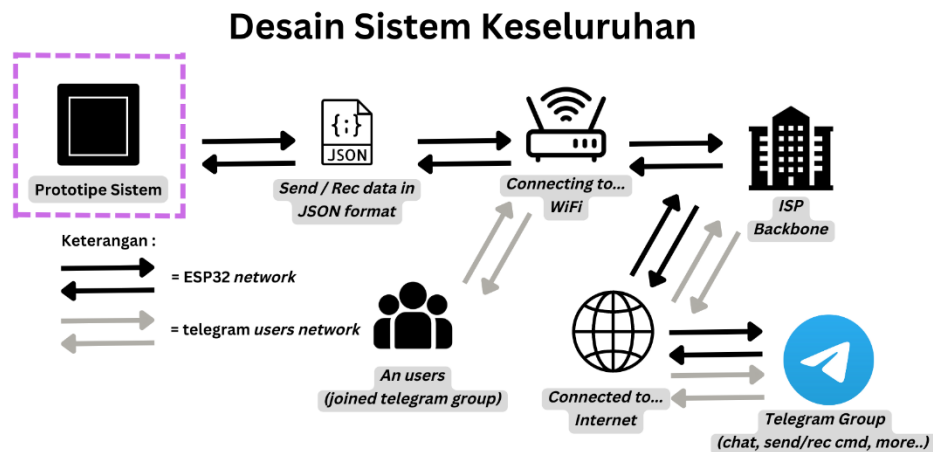
### RANCANGAN SISTEM

#### 3.1. Rancangan Sistem

Pada bab ini, masuk ke rancangan sistem dimana akan dijelaskan bagaimana sistem yang akan dibuat akan melalui tahap perancangan, implementasi, pengujian dan hasil sesuai dengan metode penelitian *SDLC model waterfall* (Setiawan, 2021a) pada bab I, sub-bab 1.5.

#### 3.2. Perancangan

##### 3.2.1. Desain Sistem Keseluruhan



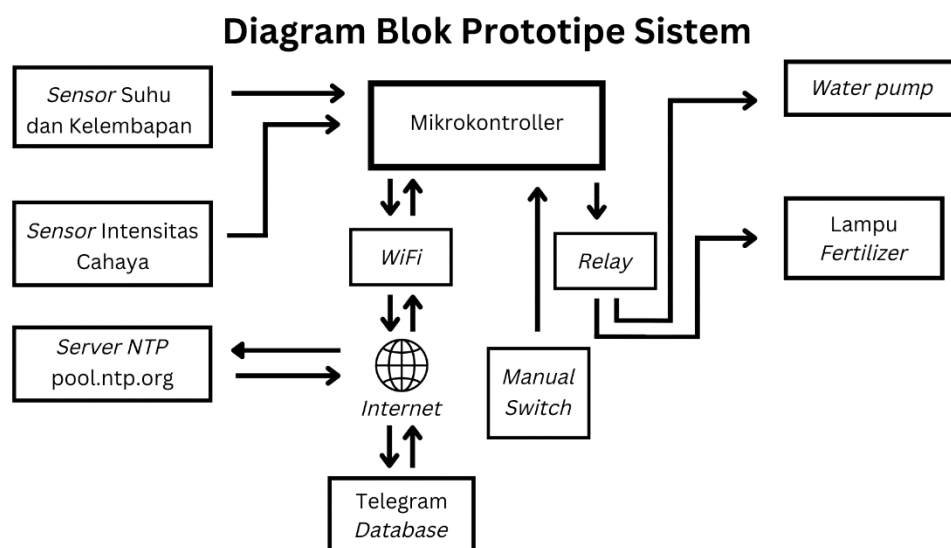
Gambar 3.1 Desain sistem keseluruhan (Dok. Penulis)

Pada gambar 3.1 diketahui bahwa terdapat 2 *network* yang berbeda. 2 *network* ini sama – sama akan menuju tujuan yang sama yaitu grup telegram melalui jalur *internet backbone* masing – masing melalui koneksi WiFi. Prototipe sistem mengirim dan menerima data dari perintah bot telegram menggunakan data *string* yang diubah menjadi format *JavaScript Object Notation* atau *JSON* agar mudah untuk dilakukan tahap *parsing*. *Parse* sendiri merupakan proses pembacaan format *JSON* yang dapat dilakukan baik dari *server-side* ataupun *client-side* yang kompatibel dengan berbagai macam bahasa pemrograman terutama C++.

Secara sederhana, dengan dibuatnya telegram group yang terintegrasi dengan adanya bot telegram dapat memudahkan Peternak lalat *BSF* dan anggota grup untuk saling berdiskusi dengan melakukan fitur bawaan aplikasi telegram untuk *chatting*, *uploading files*, *polling*, *voice note* dan ditambah dengan integrasi bot telegram *commands* untuk melakukan pemantauan kondisi suhu, kelembapan, intensitas cahaya, mengatur *water pump* dan lampu *fertilizer* baik secara manual maupun dengan *automatic scheduling*.

### 3.2.2. Diagram Blok Prototipe Sistem

Diagram blok ini menggambarkan bagaimana sistem ini dapat bekerja secara umum dengan memecah prototipe sistem ini menjadi berbagai macam komponen - komponen yang saling terhubung, berikut gambar dan penjelasannya terdapat pada gambar 3.2 dibawah ini :



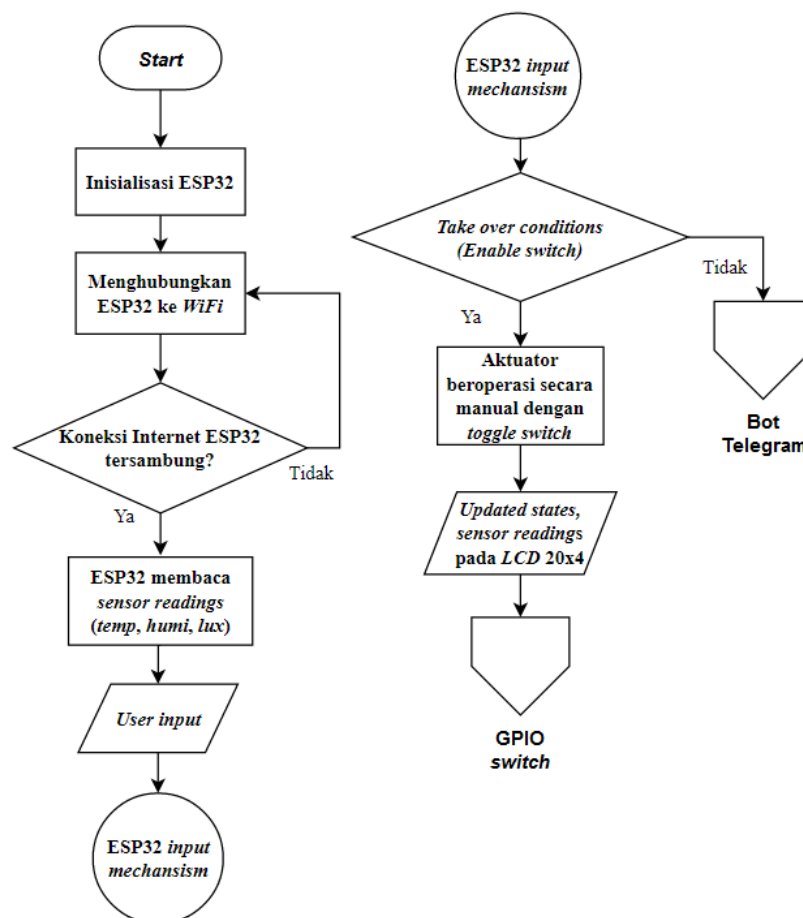
Gambar 3.2 Diagram blok sistem. (Dok. Penulis)

Secara sederhana pada gambar 3.2, mikrokontroler ESP32 akan menjadi koordinator data yang bertugas untuk mengambil *value* dari *sensor* berupa suhu, kelembapan, intensitas cahaya serta waktu *realtime* dari *ntp server*. Khusus untuk *ntp server*, ESP32 harus terhubung dengan jaringan internet dahulu melalui jaringan WiFi yang telah ditentukan. Pada saat terhubung ke telegram *database*, ESP32 akan dikenali oleh *API* telegram *database* berdasarkan *BOT\_TOKEN* dan *CHAT\_ID* yang nantinya jika ada suatu perintah yang *user* kirimkan melalui aplikasi telegram,

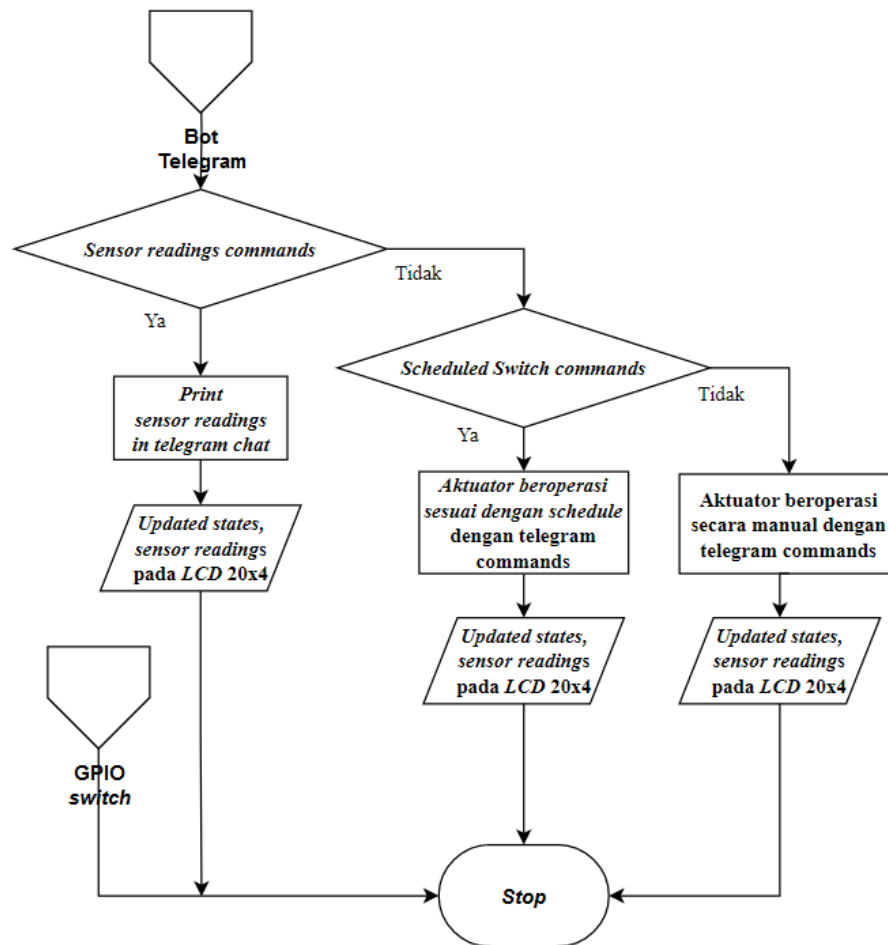
ESP32 dapat mengenali perintah apa yang akan dieksekusi. Misalnya untuk menyalakan atau mematikan *water pump* dan lampu *fertilizer* baik nanti secara otomatis maupun *manual* dengan bantuan sebuah *relay* untuk mentrigger kondisi LOW atau HIGH. Nantinya terdapat 2 buah tombol atau *switch* yang dapat dioperasikan secara *hybrid* berupa *switch* bot telegram dan *manual switch*. Penambahan manual switch ini bertujuan untuk menghindari alat tersebut dari malfungsi ketika koneksi jaringan internet sedang buruk agar tetap dapat dioperasikan secara manual.

### 3.2.3. Flowchart Diagram

*Flowchart* merupakan diagram alir yang merepresentasikan alur kerja sebuah proses. Pada Gambar 3.3, dan Gambar 3.4 akan menjelaskan bagaimana prototipe sistem pada alat ini akan bekerja sesuai logika pemrograman yang telah direncanakan.



Gambar 3.3 Mekanisme sistem dalam flowchart bagian – 1 (Dok. Penulis)



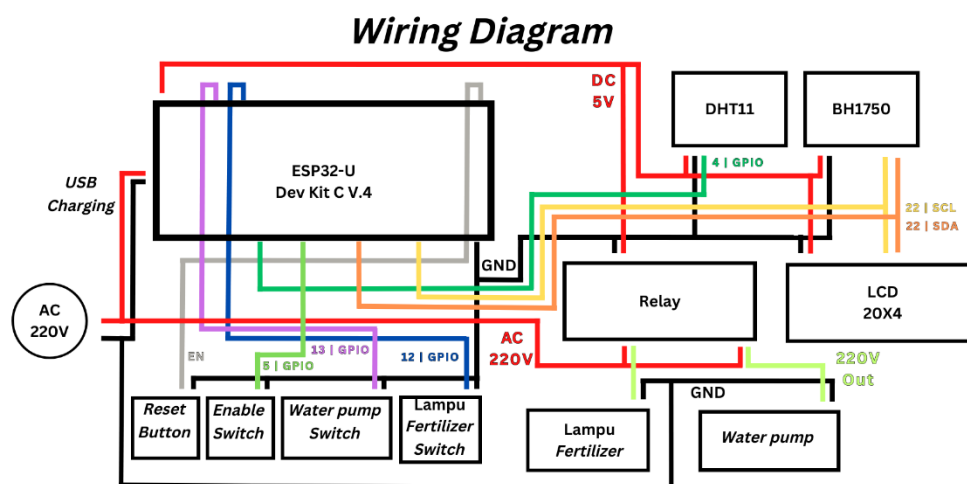
Gambar 3.4 Mekanisme sistem dalam flowchart bagian – 2 (Dok. Penulis)

Pada saat ESP32 dinyalakan (gambar 3.3) perangkat tersebut akan melakukan proses inisialisasi. Kemudian, ESP32 akan mencoba terhubung pada jaringan WiFi secara berulang pada waktu yang ditetapkan hingga dapat terhubung ke jaringan internet. Setelah ESP32 berhasil terkoneksi dengan internet, perangkat tersebut akan melakukan pembacaan *sensor readings* berupa parameter temperatur, kelembapan dan intensitas cahaya. Selanjutnya *user* dapat mengendalikan mekanisme *input* pada ESP32 yang bersifat *hybrid* ini dengan cara memilih akses kendali perangkat prototipe menggunakan *GPIO switch* untuk *manual mode*, atau menggunakan bot telegram untuk dikendalikan secara *automatic mode*. Jika memilih *manual mode*, kondisi aktuator dapat berubah pada saat *toggle switch* dioperasikan serta hasil *outputnya* dapat dilihat pada layar *LCD 20x4* dengan *pembaharuan secara berkala*.

Pada gambar 3.4 merupakan kelanjutan dari *flowchart* di Gambar 3.3. Berfokus pada *off-page connector* bot telegram yang dimana terdapat 2 percabangan perintah yaitu *sensor readings commands* dan *scheduled switch commands*. Pada perintah *sensor readings commands* merupakan perintah yang sama dengan yang dipakai sebelumnya di Gambar 3.3 dan akan ditampilkan juga pada layar *LCD 20x4*. Namun, di sini perintah tersebut akan ditampilkan dalam bentuk pesan balasan bot telegram dengan menampilkan parameter temperatur, kelembapan, intensitas cahaya dan kondisi dari aktuator. Masuk ke perintah *scheduled switch commands*, terdapat 2 opsi untuk memilih *switch input* baik secara *scheduled* atau *manual*. Untuk *manual input* mekanismenya sama dengan *GPIO switch* hanya saja perbedaan terletak pada sisi kendali yang dioperasikan melalui perintah bot telegram. Sedangkan untuk *scheduled input* aktuator akan beroperasi berdasarkan penjadwalan waktu yang telah ditentukan pada program. Dan khusus untuk aktuator lampu *fertilizer* hanya akan menyala apabila waktunya sudah berada pada jadwalnya dan nilai intensitas cahaya yang menurun terindikasi dari batas *threshold* yang tidak dapat dicapai.

### 3.3. Implementasi

#### 3.3.1. Wiring Diagram



Gambar 3.5 *Wiring diagram* atau pengkabelan komponen (Dok. Penulis)

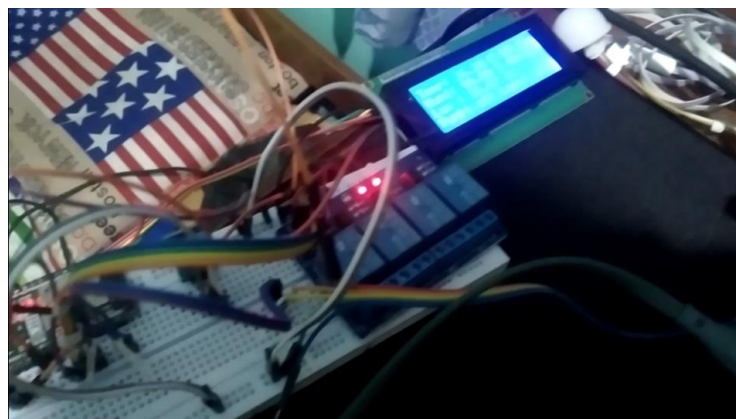
Setelah menentukan komponen – komponen elektronika yang dipakai (gambar 3.2) serta *flowchart diagram* (gambar 3.3 dan gambar 3.4), langkah selanjutnya adalah



memetakan koneksi antar kabel atau bisa disebut dengan *wiring diagram* (gambar 3.5). Pada langkah ini setiap komponen akan terhubung dengan ESP32 sebagai penyedia daya dan pusat kendali. Umumnya terdapat 2 sampai 4 *pin* yang harus dihubungkan pada masing – masing komponen, diantaranya kutub positif (+), kutub negatif (-), *sensor pin* GPIO, SDA SCL *pin* dan masih banyak lagi.

Perlu diketahui untuk berbagai macam tipe ESP32 yang dijual di berbagai toko elektronik disekitar, *output* tegangan yang dimuat pada 3.3v *pin* dan 5v *pin* bernilai lebih rendah dari spesifikasi yang disarankan. Hal ini menyebabkan terjadinya *voltage drop* yang dapat mengakibatkan pembacaan *sensor readings* tidak akurat, komponen *switch* atau *relay* yang tidak bisa melakukan *triggering* dari kondisi LOW ke HIGH dan sebaliknya, bahkan dapat menyebabkan ESP32 menjadi *hang* sampai rangkaian komponen ke ESP32 tersebut diputus. Untuk menanggulangnya, setelah selesai melakukan proses *wiring*, pastikan tegangan *output* yang keluar terbaca sesuai dengan spesifikasinya. Hal ini dapat diketahui dengan menggunakan multimeter *digital* maupun *analog*. Dan jika tegangan masih kurang dapat menggunakan *DC boost converter*.

### 3.3.2. Simulasi Program

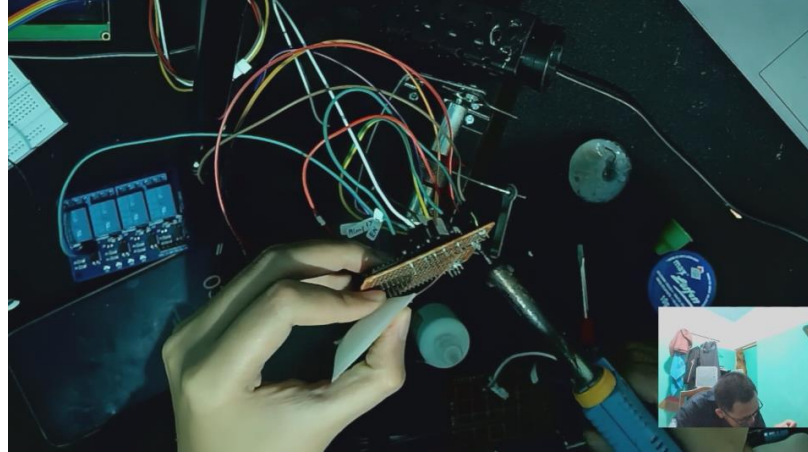


Gambar 3.6 Simulasi program menggunakan koneksi serial (Dok. Penulis)

Kemudian rangkaian elektronika tersebut yang terhubung dengan ESP32 dihubungkan dengan *USB port* untuk dilakukan proses *programming* (gambar 3.6). Langkah ini dinamakan langkah simulasi dikarenakan setelah proses *compile* dan *upload* telah dijalankan maka, hasil keluaran dapat diamati secara langsung.

Langkah ini dilakukan berkali – kali hingga mendapatkan logika yang sesuai dengan keinginan seorang pengembang atau *developer*.

### 3.3.3. *Soldering* Komponen Elektronik



Gambar 3.7 Kegiatan *soldering* komponen elektronik (Dok. Penulis)

Kemudian pada langkah ini rangkaian elektronika akan dipindahkan dari *project board* kedalam *PCB* dengan melakukan *soldering* menggunakan timah dan cairan flux untuk merekatkan timah pada titik solder seperti yang tertera pada gambar 3.7.

### 3.3.4. Membuat Kaki Panel



Gambar 3.8 Restorasi besi siku sebagai kaki *panel box* (Dok. Penulis)

Pada gambar 3.8, langkah ini merupakan opsional untuk memperoleh kaki atau penyangga *panel box* menggunakan besi siku bekas yang berkarat dengan cara dilakukan proses restorasi menggunakan amplas kasar hingga karat tersebut pudar dan kemudian mengecatnya dengan cat semprot.

### 3.3.5. Melakukan Estimasi Lubang



Gambar 3.9 Kegiatan mengestimasi lubang *panel box* (Dok. Penulis)

Pada gambar 3.9, langkah ini dilakukan pengukuran estimasi lubang pada *panel box*. Tujuannya ialah untuk memudahkan teknisi bubut dalam melakukan pekerjaannya dan menghemat waktu serta biaya pengerjaan tambahan. Lubang – lubang tersebut memiliki dimensi yang berbeda, penggunaan penggaris multifungsi berguna untuk mengetahui besaran diameter dari baut *spacer*, *toggle switch*, DHT11 *port*, BH1750 *port* dan *antenna port*.

### 3.3.6. Perakitan pada *Panel Box*





Gambar 3.10 Tahapan pekerjaan bubut hingga *assembly* (Dok. Penulis)

Pada tahap akhir ini (gambar 3.10) *panel box* dilubangi agar dapat dilakukan proses *mounting* komponen – komponen elektronika. Proses *mounting* dilakukan dengan 2 cara yaitu mengencangkan dengan baut pada papan *PCB* komponen atau bisa juga menggunakan lem tembak untuk merekatkannya. Setelah komponen elektronika menjalani langkah *mounting*, selanjutnya ialah melakukan pengkabelan antar komponen dan kemudian ditutup dengan isolasi hitam atau isolasi bakar.

### 3.4. Hasil

#### 3.4.1. Hasil dalam Bentuk *Hardware*



Gambar 3.11 Hasil rancang bangun perangkat prototipe sistem *IoT* (Dok. Penulis)

Berikut pada gambar 3.11 merupakan hasil yang diperoleh dari pembuatan sebuah rancang bangun perangkat prototipe sistem *IoT* yang dibuat menggunakan metode penelitian *SDLC* model *waterfall*. Perangkat prototipe ini ditenagai oleh catuan



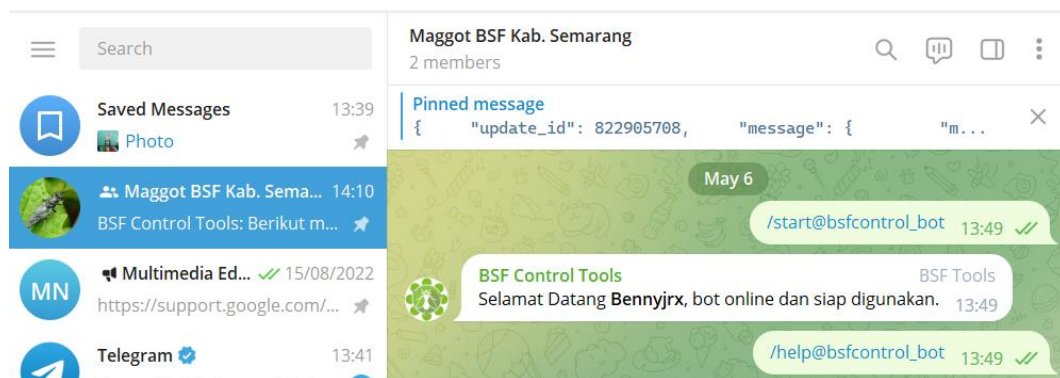
listrik AC 220 volt untuk mengendalikan kondisi aktuator dari LOW ke HIGH dan sebaliknya. Adapun kendalinya dapat dikendalikan secara *manual* menggunakan *GPIO Switch* atau secara *automatic* menggunakan koneksi WiFi yang terhubung dengan internet melalui perintah bot telegram.



Gambar 3.12 Hasil *output* pada layar *LCD* (Dok. Penulis)

Untuk *monitoring* hasil *output*, dapat dilihat secara langsung pada layar *LCD* pada gambar 3.12 terdapat temperatur, kelembapan, intensitas cahaya serta kondisi aktuator *water pump* dan lampu *fertilizer*.

### 3.4.2. Hasil dalam Bentuk *Software*



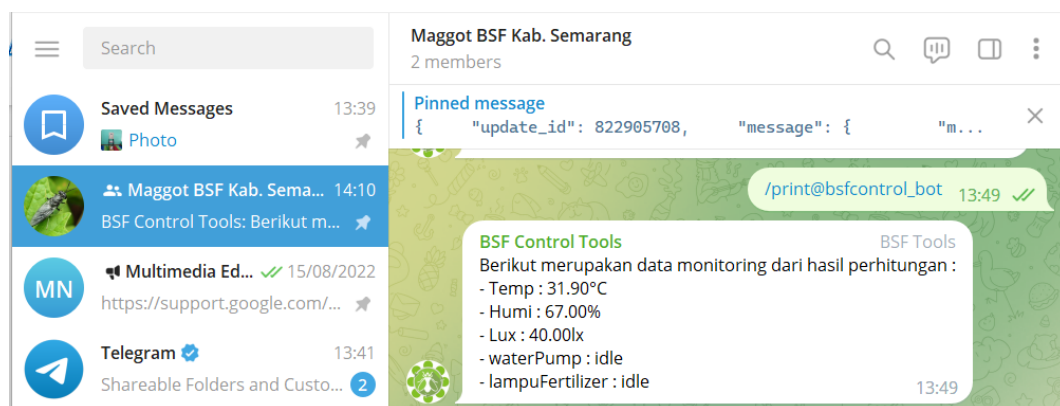
Gambar 3.13 Aplikasi penggunaan bot telegram bagian – 1 (Dok. Penulis)

Selain dapat menampilkan hasil *output* pada layar *LCD* pada gambar 3.12, perangkat ini juga mampu menampilkannya dengan berbentuk pesan balasan bot telegram. Bot ini bernama BSF Control Tools seperti yang terlihat pada Gambar 3.13 ketika terdapat pesan perintah berupa “/start@bsfcontrol\_bot”, bot tersebut memberi balasan bahwa ia siap untuk digunakan.



Gambar 3.14 Aplikasi penggunaan bot telegram bagian – 2 (Dok. Penulis)

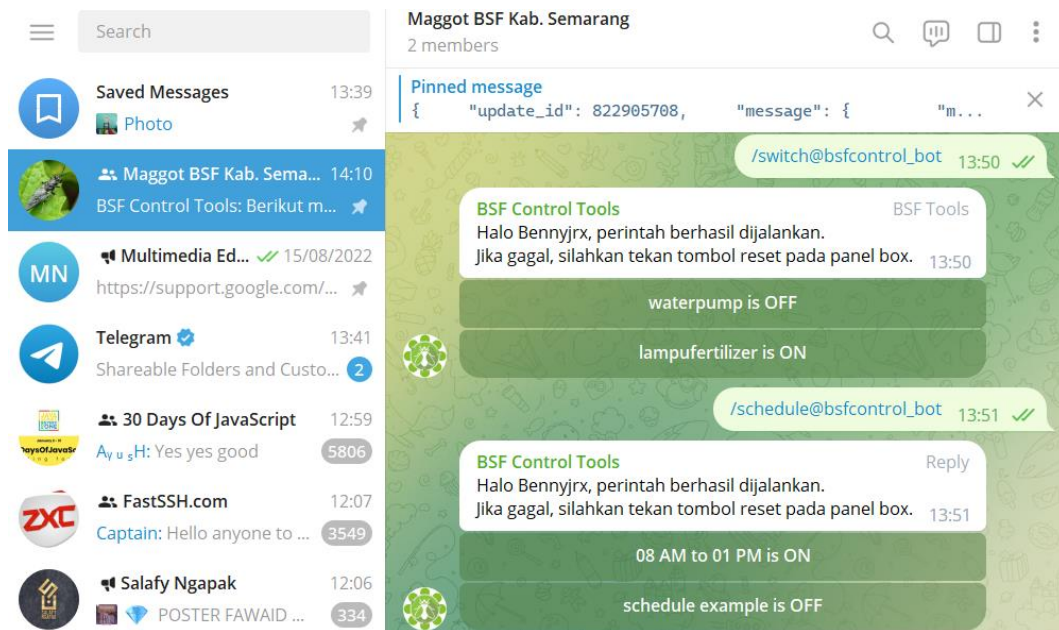
Ketika terdapat perintah pesan berupa “/help@bsfcontrol\_bot”, bot tersebut memberikan respon dengan menampilkan opsi yang dapat dikendalikan oleh perangkat prototipe seperti yang tertera pada gambar 3.14.



Gambar 3.15 Aplikasi penggunaan bot telegram bagian – 3 (Dok. Penulis)

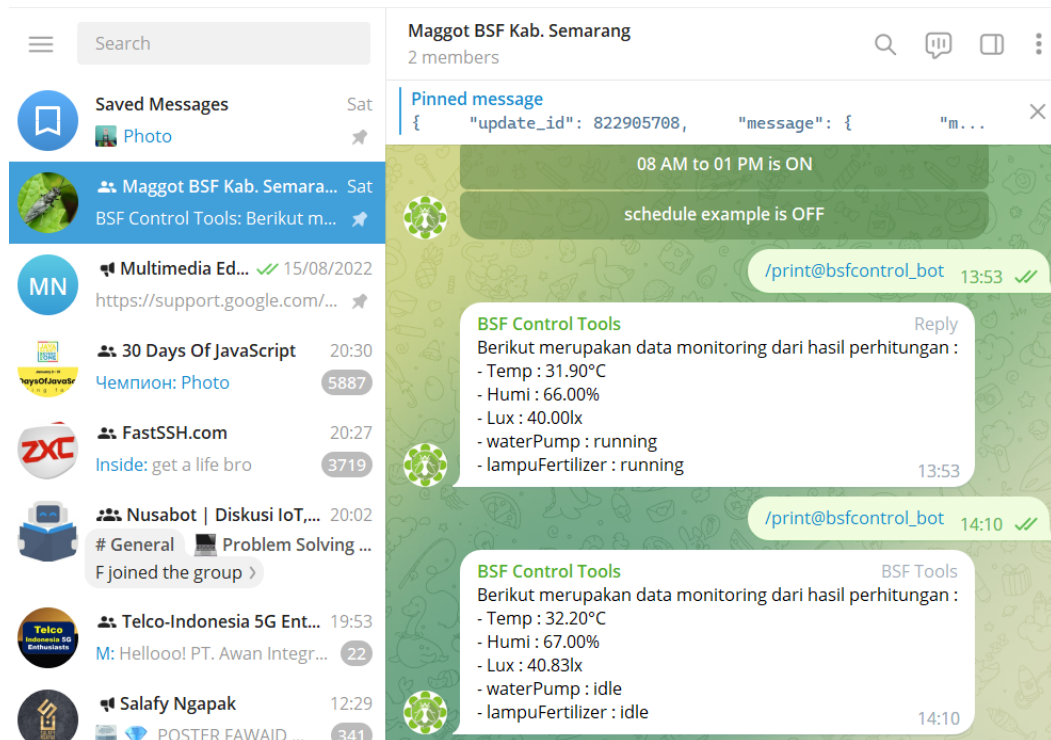
Ketika terdapat perintah pesan berupa “/print@bsfcontrol\_bot”, bot tersebut akan mencetak hasil *output* yang sama dengan yang ditampilkan pada layar *LCD* 20x4 di *panel box*. Adapun pada penamaan kondisi aktuator *water pump* dan lampu

*fertilizer* dinamakan *idle* ketika kondisi mati dan *running* pada kondisi operasional seperti yang tertera pada gambar 3.15.



Gambar 3.16 Aplikasi penggunaan bot telegram bagian – 4 (Dok. Penulis)

Untuk kendali aktuator selain dapat dikontrol secara *automatic* dapat juga diatur secara *manual* melalui bot telegram ini. Ketika terdapat perintah pesan berupa “/switch@bsfcontrol\_bot”, bot akan memberikan pesan balasan disertai dengan kondisi terbaru dari aktuator tersebut. Sedangkan ketika terdapat perintah pesan berupa “/schedule@bsfcontrol\_bot”, bot akan mengatur kondisi aktuator untuk beroperasi pada jam yang ditentukan oleh perintah yang dipilih dari opsi prnjadwalan yang dipilih seperti yang terlihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.17 Aplikasi penggunaan bot telegram bagian – 4 (Dok. Penulis)

Pada gambar 3.17 ini merupakan perbandingan antara perintah `/switch` dan `/schedule` tadi, dimana pada saat menggunakan perintah `/switch` aktuator dapat menyala atau jika terdapat interaksi oleh *user* pada waktu itu juga. Sedangkan, pada perintah `/schedule` jika waktu operasi telah memenuhi syarat maka aktuator akan menyala sesuai dengan jadwalnya dan khusus untuk aktuator lampu *fertilizer* hanya akan menyala pada saat jadwalnya dan pada waktu intensitas cahaya terdeteksi redup oleh pembacaan *sensor readings*.

### 3.5. Pemodelan Pengujian

#### 3.5.1. Rancangan Uji

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan sub-bab 3.2. Untuk parameter yang akan diuji terdiri dari beberapa tahapan, antara lain:

1. Pengujian perintah *command messages* pada bot telegram dan *GPIO switch*. (tabel 3.1).



2. Pengujian fungsionalitas *hardware* pada *water pump* (Tabel 3.2) dan lampu *fertilizer* (tabel 3.3).
3. Pengujian akurasi *sensor* DHT11 (Tabel 3.4, Tabel 3.5) dan sensor BH1750 (tabel 3.6).
4. Pengujian lapangan atau *field testing sensor readings* tanpa interaksi oleh perangkat prototipe (tabel 3.7).
5. Pengujian lapangan atau *field testing sensor readings* dengan interaksi oleh perangkat prototipe (tabel 3.8).

Berikut ini merupakan contoh tabel penilaian yang akan dijadikan sebagai contoh dalam serangkaian pengujian, antara lain :

Tabel 3.1 Pengujian perintah *command message* pada bot telegram dan *GPIO switch*

No	Jenis Percobaan	Keterangan	Berhasil	Tidak Berhasil
1.	/start	Menginisialisasi perangkat prototipe		
2.	/help	Memunculkan daftar perintah pada bot telegram		
3.	/print	Mencetak status terkini pada perangkat		
4.	/schedule	Tombol <i>automatic GPIO switch</i> yang dapat menyala sesuai penjadwalan waktu pada bot telegram		
5.	Reset <i>push button</i>	Tombol fisik yang berada diluar <i>panel box</i> yang berfungsi untuk mengembalikan ke kondisi semula jika terjadi suatu error pada perangkat		
6.	<i>Enable switch</i>	Tombol fisik yang berada diluar <i>panel box</i> yang berfungsi untuk		

		menghidupkan <i>switch water pump</i> dan lampu <i>fertilizer</i>		
7.	Water pump switch	Saklar fisik <i>GPIO switch</i> yang berada diluar <i>panel box</i> yang berfungsi untuk mengendalikan pompa air bertekanan tinggi		
8.	Lampu <i>Fertilizer switch</i>	Saklar fisik <i>GPIO switch</i> yang berada diluar <i>panel box</i> yang berfungsi untuk mengendalikan lampu ultraviolet		
9.	<i>Take over conditions</i>	Kondisi pada perangkat untuk mentransisikan kendali yang secara <i>default</i> terkontrol oleh bot telegram dapat diambil alih secara <i>manual</i> dengan mengaktifkan <i>Enable switch</i> dan jika dinonaktifkan kendali akan kembali ke bot telegram		
	...			

Tabel 3.2 Pengujian fungsionalitas *hardware water pump*

Uji no	Uji Fungsi	Berhasil	Tidak Berhasil
1.	Menyalakan <i>Water pump</i> melalui bot telegram		
2.	<i>Menyalakan Water pump</i> melalui <i>GPIO switch</i>		
...			

Pada tabel 3.2 pengujian dilakukan untuk menguji aktuator *water pump* untuk beroperasi dari 2 kondisi yang berbeda, ditambah dengan data gambar untuk memperlihatkan kondisi aktuator tersebut berfungsi.

Tabel 3.3 Pengujian fungsionalitas *hardware lampu fertilizer*

Uji no	Intensitas cahaya (lx)	Uji Fungsi	Berhasil	Tidak Berhasil
1.		Menyalakan Lampu <i>fertilizer</i> melalui bot telegram		
2.		Menyalakan Lampu <i>fertilizer</i> melalui <i>GPIO switch</i>		
...				

Pada tabel 3.3 pengujian dilakukan untuk menguji aktuator lampu *fertilizer* untuk beroperasi dari 2 kondisi yang berbeda, ditambah dengan data gambar untuk memperlihatkan kondisi aktuator tersebut berfungsi.

Tabel 3.4 Pengujian akurasi *sensor readings* temperatur DHT11

Tgl	Waktu	Pembacaan temperatur		(Δ) error	% error
		DHT11 (°C)	Alat ukur (°C)		
... / ...	08:00				
	10:00				
	12:00				
	14:00				
... / ...	08:00				
	10:00				
	12:00				
	14:00				
...					

Pada tabel 3.4 pengujian akan dilakukan untuk mengetahui akurasi *sensor readings* dari DHT11 terhadap *digital thermometer*. Adapun nilai yang diukur pada saat pengujian adalah temperatur yang akan diuji dalam kurun waktu 1 minggu dengan rentang 5 hari kerja serta pengambilan sampel sebanyak 4 kali per-hari. (Δ) *error*

atau kesalahan delta merupakan nilai yang dihasilkan dari selisih perbandingan dari pembacaan 2 temperatur. Adapun prosentase *error* dihasilkan dari persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ error} = \left( \frac{(DHT11 - \text{Alat ukur})}{\text{Alat ukur}} \right) \times 100\%$$

Perlu diketahui bahwa prosentase *error* hanya menghitung 1 sampel dalam waktu tertentu, misalnya pada pukul 08:00.

Tabel 3.5 Pengujian akurasi *sensor readings* kelembapan DHT11

Tgl	Waktu	Pembacaan prosentase kelembapan		(Δ) error	% error
		DHT11 (%)	Alat ukur (%)		
... / ...	08:00				
	10:00				
	12:00				
	14:00				
... / ...	08:00				
	10:00				
	12:00				
	14:00				
...					

Pada tabel 3.5 pengujian akan dilakukan untuk mengetahui akurasi *sensor readings* dari DHT11 terhadap *digital thermometer*. Adapun nilai yang diukur pada saat pengujian adalah kelembapan yang akan diuji dalam kurun waktu 1 minggu dengan rentang 5 hari kerja serta pengambilan sampel sebanyak 4 kali per-hari. (Δ) *error* atau kesalahan delta merupakan nilai yang dihasilkan dari selisih perbandingan dari pembacaan 2 kelembapan. Adapun prosentase *error* dihasilkan dari persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ error} = \left( \frac{(DHT11 - \text{Alat ukur})}{\text{Alat ukur}} \right) \times 100\%$$

Perlu diketahui bahwa prosentase *error* hanya menghitung 1 sampel dalam waktu tertentu, misalnya pada pukul 08:00.

Tabel 3.6 Pengujian akurasi *sensor readings* intensitas cahaya BH1750

Tgl	Waktu	Pembacaan intensitas cahaya satuan lux (lx)		(Δ) error	% error
		BH1750 (lx)	Alat ukur (lx)		
... / ...	08:00				
	10:00				
	12:00				
	14:00				
... / ...	08:00				
	10:00				
	12:00				
	14:00				
...					

Pada tabel 3.6 pengujian akan dilakukan untuk mengetahui akurasi *sensor readings* dari BH1750 jika dibandingkan dengan *Mini light meter*. Adapun nilai yang diukur pada saat pengujian adalah intensitas cahaya dalam satuan lux (lx). Pengujian akan dilakukan dalam kurun waktu 1 minggu dengan rentang 5 hari kerja serta pengambilan sampel sebanyak 4 kali per-hari. (Δ) *error* atau kesalahan delta merupakan nilai yang dihasilkan dari selisih perbandingan dari pembacaan 2 intensitas cahaya. Adapun prosentase *error* dihasilkan dari persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ error} = \left( \frac{(BH1750 - \text{Alat ukur})}{\text{Alat ukur}} \right) \times 100\%$$

Perlu diketahui bahwa prosentase *error* hanya menghitung 1 sampel dalam waktu tertentu, misalnya pada pukul 08:00.

Tabel 3.7 Pengujian lapangan atau *field testing sensor readings* tanpa interaksi oleh perangkat prototipe

Tgl	Waktu	Pembacaan <i>sensor</i> pada perangkat			<i>Realtime</i> Cuaca	Produksi telur (mg)
		Temperatur (°C)	Kelembapan (%)	Intensitas cahaya (lx)		
...						
/						
...						
...						
/						
...						
...						

Pada tabel 3.7, dilakukan pengujian lapangan ini untuk mengumpulkan data awal yang akan digunakan sebagai nilai referensi relatif terhadap pola produksi telur lalat *BSF*. Variabel ini dinamakan referensi relatif karena iklim di Indonesia tropis dan memiliki dua musim, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Hal ini menyebabkan nilai variabel akan berubah jika pengujian dilakukan pada salah satu musim tersebut.

Pengujian dilakukan selama satu minggu dengan rentang waktu lima hari kerja. Sampel diambil dari jumlah telur yang dapat dipanen dari sebuah kandang lalat *BSF*, dengan satuan berat dalam miligram (mg), sesuai dengan waktu pemanenan yang disesuaikan dengan mitra usaha.

Tabel 3.8 Pengujian lapangan atau *field testing sensor readings* dengan interaksi oleh perangkat prototipe

Tgl	Waktu	Pembacaan <i>sensor</i> pada perangkat			<i>Realtime</i> Cuaca	Produksi telur (mg)
		Temperatur (°C)	Kelembapan (%)	Intensitas cahaya (lx)		
...						
/						
...						
...						
/						
...						
...						

Pada tabel 3.8, dilakukan *field testing* atau pengujian lapangan untuk menguji keandalan perangkat prototipe dalam menjaga kondisi lingkungan kandang lalat *BSF* dengan baik. Perangkat ini bekerja dengan mengendalikan parameter air *dan* cahaya menggunakan logika *scheduling* atau penjadwalan. Saat lalat *BSF* sedang dalam periode reproduksi, proses pemberian air minum dengan tekanan tinggi oleh *water pump* akan berjalan sesuai jadwal. Jika terjadi perubahan cuaca yang mengakibatkan penurunan nilai intensitas cahaya hingga mencapai *threshold* atau ambang batas tertentu, maka kondisi lampu *fertilizer* akan diatur untuk menyala hingga nilai intensitas cahaya kembali ke kisaran awal.

Pengujian ini dilakukan selama satu minggu dengan rentang waktu lima hari kerja. Sampel diambil dari jumlah telur yang dapat dipanen dari kandang lalat *BSF*, dengan satuan berat dalam miligram (mg), sesuai dengan waktu pemanenan yang disesuaikan dengan mitra usaha. Jumlah telur yang dihasilkan akan dibandingkan dengan variabel relatif pada Tabel 3.7.

## BAB IV

### HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

#### 4.1. Hasil Pengujian

Pada bab ini, masuk ke hasil pengujian sistem pada perangkat prototipe dimana akan dijelaskan bagaimana sistem tersebut dapat beroperasi. Kegiatan *field testing* atau uji lapangan digunakan sebagai standar untuk menetapkan bahwa perangkat tersebut memang benar – benar layak untuk dijadikan sebagai produk yang dapat difungsikan sebagaimana mestinya serta diharapkan memiliki nilai ekonomis di pasar, sesuai dengan fitur yang ditawarkan dan sejalan dengan metode penelitian *SDLC model waterfall* (Setiawan, 2021a) pada bab I, sub-bab 1.5.

##### 4.1.1. Hasil Pengujian Perangkat Prototipe

Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan dalam rentang waktu tanggal 5 Juni hingga 16 Juni 2023, ditemukan berbagai macam data yang dapat memberikan gambaran untuk memahami pola – pola yang dapat diukur dalam lingkungan pengujian yang sama, dengan membandingkan dua kondisi waktu yang berbeda. Perbedaan yang dimaksud adalah membandingkan nilai parameter pengujian yang dilakukan secara langsung pada minggu pertama dengan nilai parameter pengujian yang menggunakan perangkat prototipe pada minggu kedua. Berikut merupakan data hasil pengujian yang telah dilaksanakan di Rumah Maggot Kabupaten Semarang.

Tabel 4.1 Pengujian perintah *command message* pada bot telegram dan *GPIO switch*

No	Jenis Percobaan	Keterangan	Berhasil	Tidak Berhasil
1.	/start	Menginisialisasi perangkat prototipe	✓	
2.	/help	Memunculkan daftar perintah pada bot telegram	✓	



3.	/print	Mencetak status terkini pada perangkat	✓	
4.	/schedule	Tombol <i>automatic GPIO switch</i> yang dapat menyala sesuai penjadwalan waktu pada bot telegram	✓	
5.	Reset <i>push button</i>	Tombol fisik yang berada diluar <i>panel box</i> yang berfungsi untuk mengembalikan ke kondisi semula jika terjadi suatu error pada perangkat	✓	
6.	<i>Enable switch</i>	Tombol fisik yang berada diluar <i>panel box</i> yang berfungsi untuk menghidupkan <i>switch water pump</i> dan lampu <i>fertilizer</i>	✓	
7.	Water pump <i>switch</i>	Saklar fisik <i>GPIO switch</i> yang berada diluar <i>panel box</i> yang berfungsi untuk mengendalikan pompa air bertekanan tinggi	✓	
8.	Lampu <i>Fertilizer switch</i>	Saklar fisik <i>GPIO switch</i> yang berada diluar <i>panel box</i> yang berfungsi untuk mengendalikan lampu ultraviolet	✓	
9.	<i>Take over conditions</i>	Kondisi pada perangkat untuk mentransisikan kendali yang secara <i>default</i> terkontrol oleh bot telegram dapat diambil alih secara <i>manual</i> dengan mengaktifkan <i>Enable switch</i> dan jika dinonaktifkan kendali akan kembali ke bot telegram	✓	

Tabel 4.2 Pengujian fungsionalitas *hardware water pump*

Uji no	Uji Fungsi	Berhasil	Tidak Berhasil
1.	Menyalakan dan mematikan <i>water pump</i> melalui bot telegram secara manual	✓	
2.	Menyalakan <i>water pump</i> melalui <i>GPIO switch</i>	✓	
3.	Menyalakan dan mematikan <i>water pump</i> melalui bot telegram secara otomatis berdasarkan logika <i>scheduling</i>	✓	

Tabel 4.3 Pengujian fungsionalitas *hardware lampu fertilizer*

Uji no	Uji Fungsi	Berhasil	Tidak Berhasil
1.	Menyalakan dan mematikan lampu <i>fertilizer</i> melalui bot telegram secara manual	✓	
2.	Menyalakan dan mematikan lampu <i>fertilizer</i> melalui <i>GPIO switch</i>	✓	
3.	Menyalakan lampu <i>fertilizer</i> melalui bot telegram secara otomatis dengan logika <i>sensor readings</i> dan <i>scheduling</i>	✓	
4.	Mematikan lampu <i>fertilizer</i> melalui bot telegram secara otomatis dengan logika <i>sensor readings</i> dan <i>scheduling</i>	✓	

Tabel 4.4 Pengujian akurasi *sensor readings* temperatur DHT11

Tgl	Waktu	Pembacaan temperatur		(Δ) error	% error
		DHT11 (°C)	Alat ukur (°C)		
05	09:00	32,4	30,2	2,20	7%
Juni	14:00	29,1	30,2	-1,10	-4%
06	09:00	33,3	32,2	1,10	3%

Juni	14:00	28,5	29,6	-1,10	-4%
07	09:00	31,9	32,4	-0,50	-2%
Juni	14:00	32,6	33,6	-1,00	-3%
08	09:00	31,5	31,7	-0,20	-1%
Jun	14:00	33,2	34,9	-1,70	-5%
09	09:00	29,2	29,5	-0,30	-1%
Jun	14:00	33,6	35,2	-1,60	-5%
12	09:00	31,5	31,7	-0,20	-1%
Jun	14:00	34,4	33,5	0,90	3%
13	09:00	31,6	31,9	-0,30	-1%
Jun	14:00	33,6	32,3	1,30	4%
14	09:00	31,6	33,2	-1,60	-5%
Jun	14:00	36,1	33,7	2,40	7%
15	09:00	28,1	29,5	-1,40	-5%
Jun	14:00	34,8	33,7	1,10	3%
16	09:00	30,5	29,5	1,00	3%
Jun	14:00	32,2	33,6	-1,40	-4%

Tabel 4.5 Pengujian akurasi *sensor readings* kelembapan DHT11

Tgl	Waktu	Pembacaan prosentase kelembapan		(Δ) error	% error
		DHT11 (%)	Alat ukur (%)		
05	09:00	60	73	-13	-18%
Juni	14:00	71	75	-4	-5%
06	09:00	56	61	-5	-8%

Juni	14:00	72	76	-4	-5%
07	09:00	62	61	1	2%
Juni	14:00	61	61	0	0%
08	09:00	64	68	-4	-6%
Jun	14:00	51	51	0	0%
09	09:00	63	66	-3	-5%
Jun	14:00	50	48	2	4%
12	09:00	64	68	-4	-6%
Jun	14:00	49	53	-4	-8%
13	09:00	82	79	3	4%
Jun	14:00	59	71	-12	-17%
14	09:00	66	66	0	0%
Jun	14:00	46	52	-6	-12%
15	09:00	64	67	-3	-4%
Jun	14:00	55	62	-7	-11%
16	09:00	63	73	-10	-14%
Jun	14:00	58	56	2	4%

Tabel 4.6 Pengujian akurasi *sensor readings* intensitas cahaya BH1750

Tgl	Waktu	Pembacaan intensitas cahaya satuan lux (lx)		(Δ) error	% error
		BH1750 (lx)	Alat ukur (lx)		
05	09:00	5118	13830	-8712	-63%
Juni	14:00	3034	5397	-2363	-44%
06	09:00	3955	9774	-5819	-60%

Juni	14:00	2100	4905	-2805	-57%
07	09:00	7700	21170	-13470	-64%
Juni	14:00	2789	7066	-4277	-61%
08	09:00	4742	12900	-8158	-63%
Jun	14:00	5770	15620	-9850	-63%
09	09:00	3268	8884	-5616	-63%
Jun	14:00	6504	16790	-10286	-61%
12	09:00	4742	12900	-8158	-63%
Jun	14:00	10799	30370	-19571	-64%
13	09:00	3105	8600	-5495	-64%
Jun	14:00	3235	8542	-5307	-62%
14	09:00	5655	14990	-9335	-62%
Jun	14:00	6834	15110	-8276	-55%
15	09:00	3604	9220	-5616	-61%
Jun	14:00	8485	22850	-14365	-63%
16	09:00	4020	10840	-6820	-63%
Jun	14:00	17355	46520	-29165	-63%

Tabel 4.7 Pengujian lapangan atau *field testing sensor readings* tanpa interaksi oleh perangkat prototipe

Tgl	Waktu	Pembacaan <i>sensor</i> pada perangkat			<i>Realtime</i> Cuaca	Produksi telur (gram)
		Temperatur (°C)	Kelembapan (%)	Intensitas cahaya (lx)		
05 Juni	09:00	30,7	60	5118	Berawan	11

06 Juni	09:00	—	—	—	—	—
07 Juni	09:00	31,9	62	7700	Berawan	6
08 Jun	09:00	—	—	—	—	—
09 Juni	09:00	29,2	63	3268	Cerah	2

Tabel 4.8 Pengujian lapangan atau *field testing sensor readings* dengan interaksi oleh perangkat prototipe

Tgl	Waktu	Pembacaan <i>sensor</i> pada perangkat			<i>Realtime</i> Cuaca	Produksi telur (gram)
		Temperatur (°C)	Kelembapan (%)	Intensitas cahaya (lx)		
12 Jun	09:00	31,5	64	4742	Cerah	2
13 Jun	09:00	—	—	—	—	—
14 Jun	09:00	31,6	66	5655	Cerah	2
15 Jun	09:00	—	—	—	—	—
16 Jun	09:00	30,5	63	4020	Cerah	0,25

#### 4.1.2. Limitasi dan Kendala Pengujian

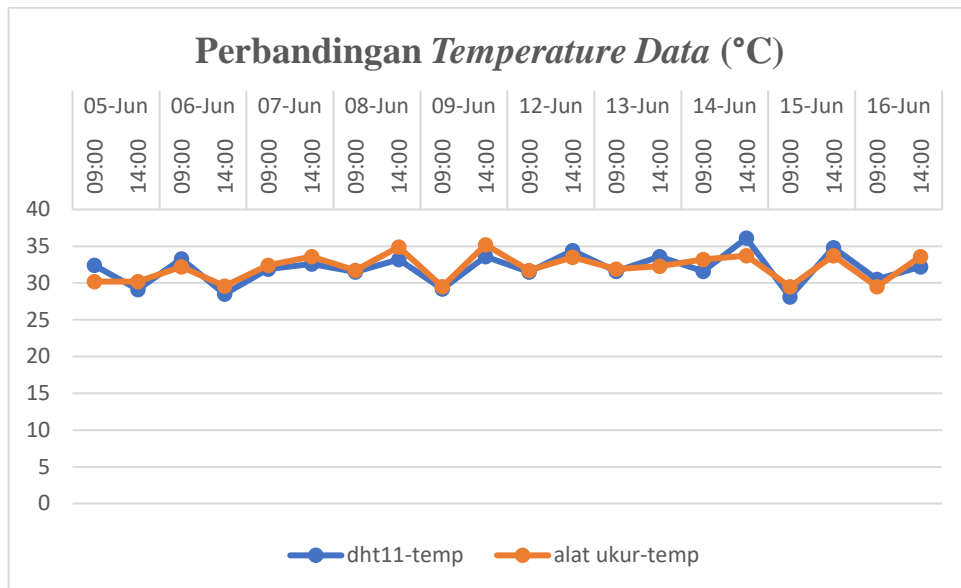
Pada saat pengujian berlangsung, telah terjadi berbagai macam anomali dari berbagai macam faktor yang memaksa untuk melakukan berbagai macam modifikasi dan penyesuaian pada saat pengujian berlangsung. Adapun macam – macam limitasi dan kendala pengujian yang dialami sebagai berikut:

1. Terhentinya siklus reproduksi lalat *BSF* yang mengakibatkan proses pergantian pupa siap tetas menjadi lalat *BSF* dewasa terhenti, berujung pada jumlah populasi lalat *BSF* dalam kandang menurun secara drastis membuat produksi telur yang dihasilkan sedikit.
2. Kondisi cuaca pada lingkungan tempat pengujian yang sedang memasuki musim kemarau membuat aktuator lampu *fertilizer* memiliki sedikit kesempatan untuk menyala dikarenakan tingkat intensitas cahaya yang terekam pada *sensor* BH1750 menunjukkan nilai yang berada diatas 3780 lx.
3. Terjadinya pergantian dan pengurangan karyawan menjadi 2 orang membuat operasional usaha melambat yang mengakibatkan izin untuk kandang pengujian hanya diberikan 1 kandang sisa dari total 4 kandang, dikarenakan 4 kandang lainnya sedang diprioritaskan untuk merestorasi siklus reproduksi lalat *BSF* dan sebagiannya untuk dijual kepada pelanggan.
4. Perbedaan standar perhitungan antara *sensor* BH1750 dengan alat ukur mini light meter disebabkan oleh perbedaan dalam desain *sensor*, teknologi pengukuran, atau pengaturan kalibrasi antara kedua alat yang mengakibatkan perbedaan relatif sebesar 64%.
5. Kandang lalat *BSF* tempat pengujian sempat berlubang pada tanggal 9 Juni 2023 yang mengakibatkan sebagian besar lalat *BSF* tersebut kabur dari kandang. Untuk perbaikan kandang tersebut baru dilakukan 2 hari setelahnya.

#### 4.2. Analisis

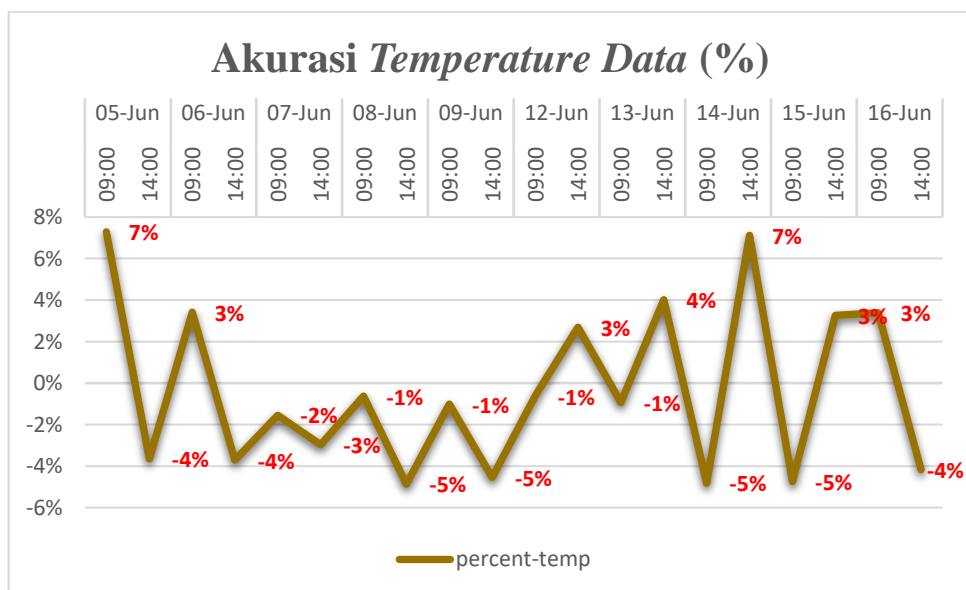
Berdasarkan data hasil pengujian yang berada pada tabel 4.1 hingga 4.8, akan lebih mudah jika dijelaskan dalam bentuk grafis. Berikut merupakan analisis dari data

hasil dari pengujian yang telah dilaksanakan di Rumah Maggot Kabupaten Semarang.



Gambar 4.1 Perbandingan data temperatur perangkat prototipe dengan alat ukur (Dok. Pengujian Penulis)

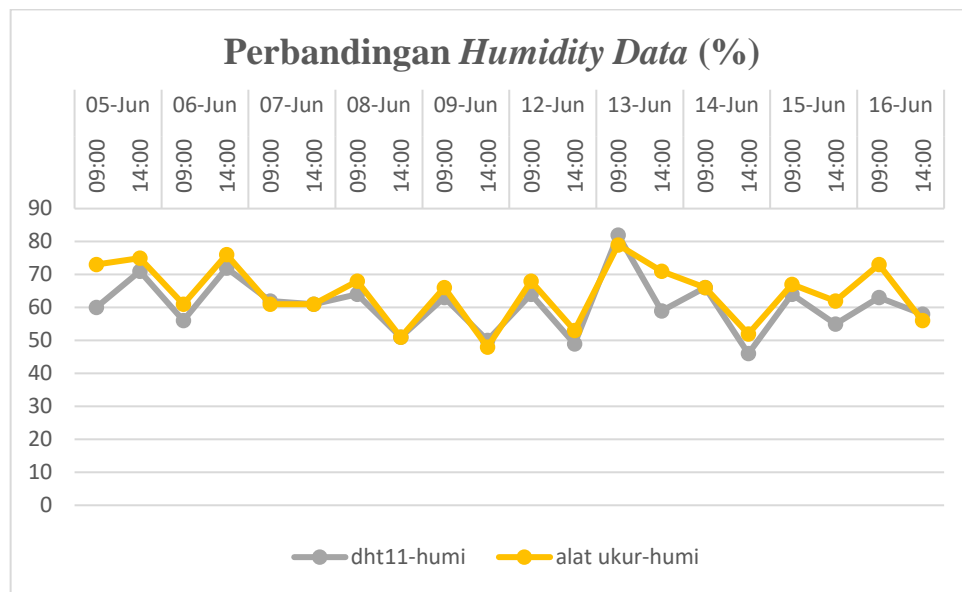
Pada gambar 4.1 nilai yang dihasilkan dari pembacaan *sensor* DHT11 menunjukkan bahwa temperatur yang terekam pada saat pengujian berlangsung adalah sekitar 28°C hingga 36°C berdasarkan data pengujian yang didapat pada tabel 4.4.





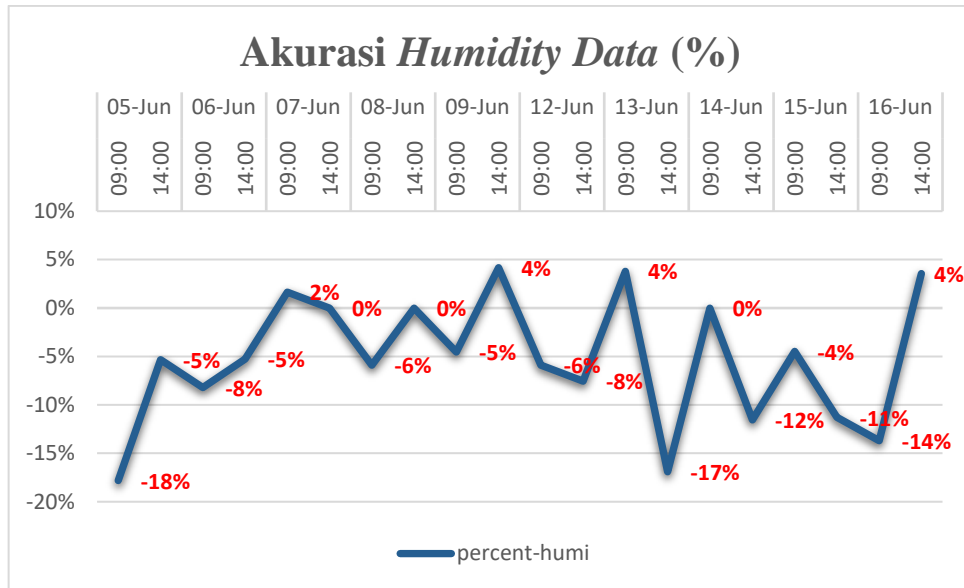
Gambar 4.2 Perbandingan akurasi temperatur perangkat prototipe dengan alat ukur (Dok. Pengujian Penulis)

Pada gambar 4.2 nilai akurasi dihasilkan dari perbandingan pembacaan *sensor* DHT11 dengan *digital thermometer* menunjukkan bahwa akurasi *sensor* tersebut memiliki selisih yang variatif sekitar -5% hingga 7%. Hal ini disebabkan karena lokasi pengujian yang dilakukan di luar ruangan menyebabkan anomali pengukuran berdasarkan data pengujian yang didapat pada tabel 4.4



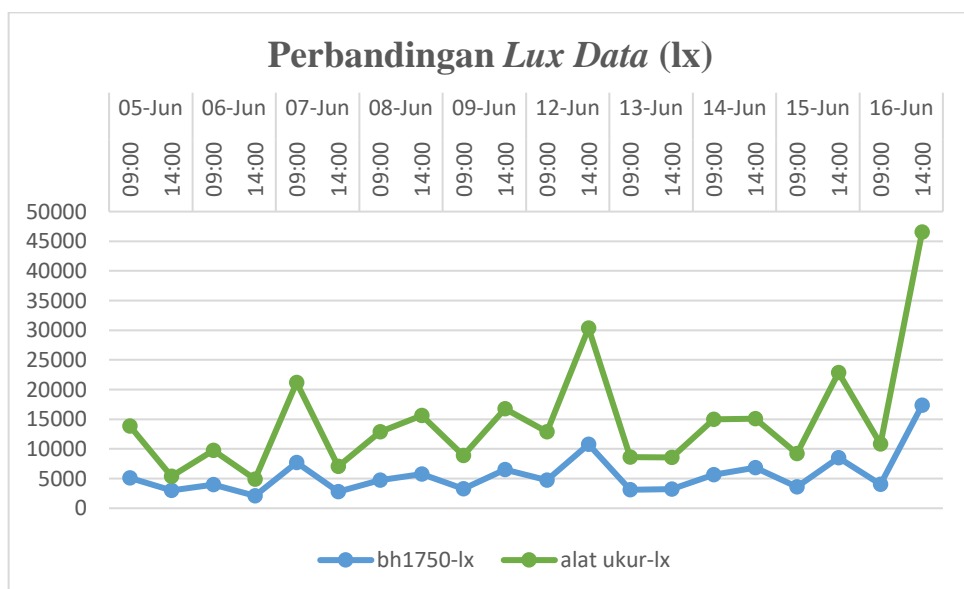
Gambar 4.3 Perbandingan kelembapan data perangkat prototipe dengan alat ukur (Dok. Pengujian Penulis)

Pada gambar 4.3 nilai yang dihasilkan dari pembacaan *sensor* DHT11 menunjukkan bahwa kelembapan yang terekam pada saat pengujian berlangsung adalah sekitar 49% hingga 79% berdasarkan data pengujian yang didapat pada tabel 4.5.



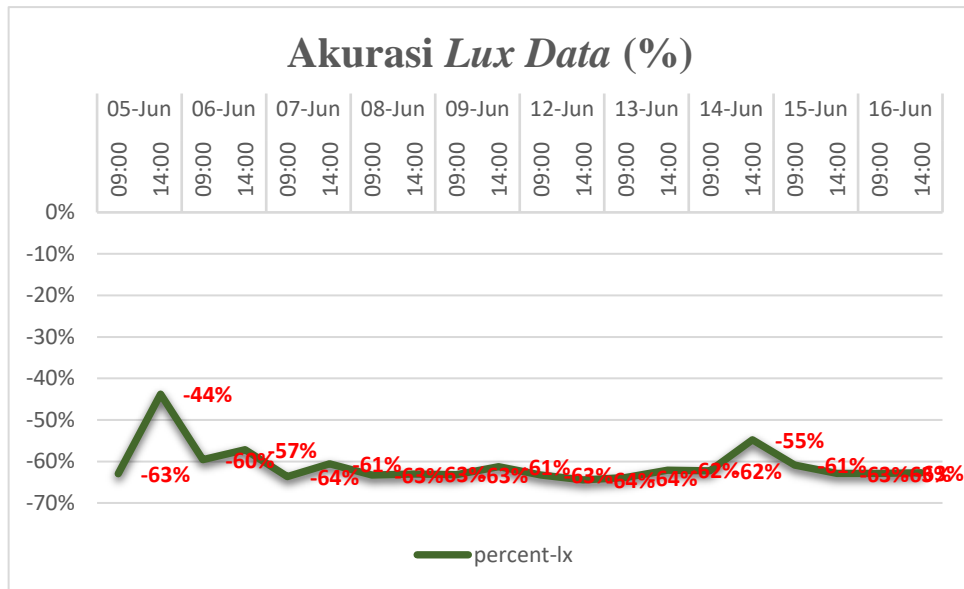
Gambar 4.4 Perbandingan akurasi kelembapan perangkat prototipe dengan alat ukur (Dok. Pengujian Penulis)

Pada gambar 4.4 nilai akurasi dihasilkan dari perbandingan pembacaan *sensor* DHT11 dengan *digital thermometer* menunjukkan bahwa akurasi *sensor* tersebut memiliki selisih yang variatif sekitar -18% hingga 4%. Hal ini disebabkan karena lokasi pengujian yang dilakukan di luar ruangan menyebabkan anomali pengukuran berdasarkan data pengujian yang didapat pada tabel 4.5



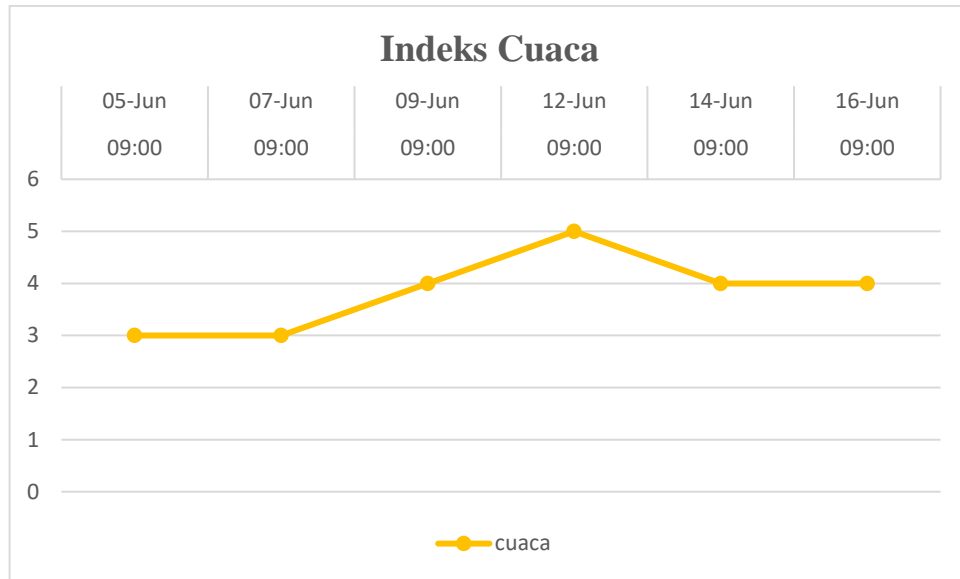
Gambar 4.5 Perbandingan intensitas cahaya data perangkat prototipe dengan alat ukur (Dok. Pengujian Penulis)

Pada gambar 4.5 nilai yang dihasilkan dari pembacaan *sensor* BH1750 menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang terekam pada saat pengujian berlangsung adalah sekitar 2100lx hingga 46520lx berdasarkan data pengujian yang didapat pada tabel 4.6.



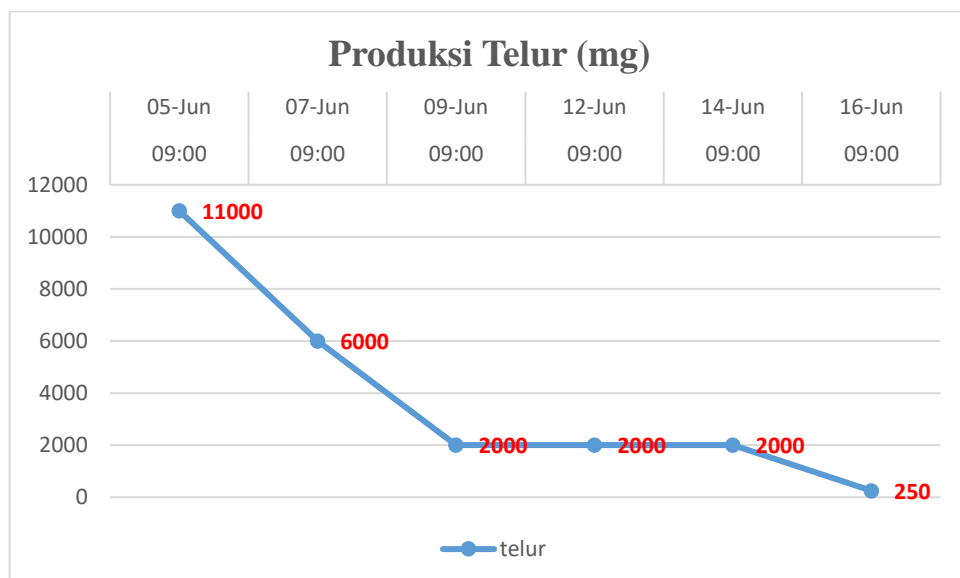
Gambar 4.6 Perbandingan akurasi kelembapan perangkat prototipe dengan alat ukur (Dok. Pengujian Penulis)

Pada gambar 4.6 nilai akurasi dihasilkan dari perbandingan pembacaan *sensor* BH1750 dengan *mini light meter* menunjukkan bahwa akurasi *sensor* tersebut memiliki selisih yang variatif sekitar -61% hingga -44%. Hal ini disebabkan karena lokasi pengujian yang dilakukan di luar ruangan menyebabkan anomali pengukuran berdasarkan data pengujian yang didapat pada tabel 4.6.



Gambar 4.7 Pemantauan *realtime* cuaca dengan panca indera (Dok. Pengujian Penulis)

Pada gambar 4.7 didapatkan nilai indeks *realtime* cuaca yang didapatkan dengan cara mengamati cuaca pada lingkungan menggunakan panca indera mata pada saat proses pengambilan telur berlangsung. Hal ini digunakan sebagai informasi tambahan mengenai hubungan intensitas cahaya matahari dengan jumlah telur yang dihasilkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Jumlah produksi telur dalam satuan miligram (Dok. Pengujian Penulis)

Pada gambar 4.8 didapatkan nilai dari total berat telur lalat *BSF* yang telah ditimbang. Telur lalat ini diperoleh dari 1 kandang yang telah dikarantina dengan *interval* waktu pengambilan telur selama 2 hari sekali yang terkumpul pada sebuah kumpulan balok kayu kecil bertingkat tempat lalat tersebut bertelur berdasarkan tabel pengujian 4.7 dan 4.8.



Gambar 4.9 Balok kayu tempat lalat *BSF* bertelur (Dok. Pengujian Penulis)

Pada gambar 4.9 balok kayu tersebut terlihat terusun rapi dengan 6 buah tingkat yang diikat oleh karet gelang dan untuk rongga sempit di tiap tingkatannya berisi paku payung dengan ketebalan sekitar 0,2 cm.

#### **4.2.1. Perbandingan Kondisi Pengujian dengan Laboratorium**

Setelah melakukan pengujian perangkat prototipe yang dilakukan di luar ruangan, ditemukan berbagai macam hal – hal yang berbeda pada saat melakukan pengujian di laboratorium, diantaranya:

1. Fluktuasi nilai pembacaan sensor yang berubah – ubah secara acak dikarenakan kondisi cuaca di lingkungan sekitar yang dinamis. Contohnya: temperatur, kelembapan dan intensitas cahaya. Berbeda dengan kondisi laboratorium yang cenderung memiliki temperatur, kelembapan dan intensitas cahaya yang cenderung stabil dan dapat dikonfigurasi.

2. Adanya organisme pengerat pemakan komponen elektronika yang bersifat merusak memaksa perangkat prototipe untuk dilakukan perbaikan dan perawatan rutin demi memastikan keandalan perangkat tersebut bekerja.
3. Pengujian perangkat prototipe di luar ruangan memungkinkan perangkat untuk rusak lebih cepat dikarenakan kondisi cuaca dinamis mampu mempercepat proses korosi pada perangkat prototipe.

#### **4.2.2. Resolusi dan Mitigasi**

Setelah selesai melakukan pengujian perangkat prototipe dan mengalami berbagai macam kendala serta permasalahan yang ada. Berikut merupakan macam – macam hal yang dapat dijadikan sebagai resolusi atau jawaban dan mitigasi atas permasalahan yang dialami, diantaranya:

1. Memahami secara penuh mengenai tempat yang akan dijadikan sebagai lingkungan pengujian perangkat prototipe. Baik berupa: cuaca atau iklim, hama yang sekiranya dapat merusak, dll.
2. Memiliki lebih dari 1 skema rencana pengujian sebagai cadangan dengan keyakinan bahwa rencana tersebut berpotensi akan berubah selama proses pengujian berlangsung dikarenakan anomali pengukuran atau disebabkan oleh faktor – faktor lain.
3. Jika berhadapan dengan sampel pengujian berupa makhluk hidup yang berada pada suatu kandang atau tempat tertentu, pastikan agar kondisi kandang selalu dalam keadaan tertutup rapat guna mempertahankan jumlah populasi makhluk tersebut dalam kandang.
4. Selalu siapkan *toolkit* pendukung perangkat prototipe, jika terjadi malfungsi atau kerusakan *toolkit* tersebut dapat membantu memperbaiki atau digunakan sebagai suku cadang perawatan perangkat prototipe.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

#### **5.2. Saran**

## DAFTAR PUSTAKA

- apogeeinstruments.com. (2016). *Conversion - PPFD to Lux*.  
<https://www.apogeeinstruments.com/conversion-ppfd-to-lux/>
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D. G. A. B., & Hendriks, W. H. (2014). Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science*, 3. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.23>
- Briscoe, A. D., & Chittka, L. (2001). The evolution of color vision in insects. In *Annual Review of Entomology* (Vol. 46).  
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.471>
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68–80.  
<https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2014.09.026>
- Components101.com. (2019, August 6). *BH1750 – Ambient Light Sensor*.  
<https://components101.com/sensors/bh1750-ambient-light-sensor>
- Components101.com. (2021, July 17). *DHT11 – Temperature and Humidity Sensor* .
- Kho, D. (2015). *Pengertian Relay dan Fungsinya*.  
<https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>
- Kho, D. (2018, May). *Pengertian LCD (Liquid Crystal Display) dan Prinsip Kerja LCD*. <https://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsip-kerja-lcd/>
- Li, Q., Zheng, L., Qiu, N., Cai, H., Tomberlin, J. K., & Yu, Z. (2011). Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste Management*, 31(6).  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.005>
- Mahdi, M. I., & Bayu, D. (2021, February 8). *Indonesia Hasilkan 21,88 Juta Ton Sampah pada 2021*. <https://dataindonesia.id/ragam/detail/indonesia-hasilkan-2188-juta-ton-sampah-pada-2021>
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, (2008).
- RACHMAWATI, R., BUCHORI, D., HIDAYAT, P., HEM, S., & FAHMI, M. R. (2015). Perkembangan dan Kandungan Nutrisi Larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada Bungkil Kelapa Sawit. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 7(1). <https://doi.org/10.5994/jei.7.1.28>
- Rambet, V., Umboh, J. F., Tulung, Y. L. R., & Kowel, Y. H. S. (2015).  
 KECERNAAN PROTEIN DAN ENERGI RANSUM BROILER YANG MENGGUNAKAN TEPUNG MAGGOT (HERMETIA ILLUCENS)



- SEBAGAI PENGGANTI TEPUNG IKAN. *ZOOTECH*, 35(2).  
<https://doi.org/10.35792/zot.36.1.2016.9314>
- rangkaiaelektronika.info. (2019, September). *Saklar Toggle ON / OFF : Fungsi, Pengertian Serta Cara Kerja*. <https://rangkaiaelektronika.info/saklar-toggle-on-off-fungsi-pengertian-serta-cara-kerja/>
- Santos, R., & Santos, S. (2020). *ESP32 NTP Client-Server: Get Date and Time (Arduino IDE)*. <https://randomnerdtutorials.com/esp32-date-time-ntp-client-server-arduino/>
- Setiawan, R. (2021a, July 28). *Metode SDLC Dalam Pengembangan Software*.
- Setiawan, R. (2021b, October 8). *Memahami Apa Itu Internet of Things*.  
<https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-internet-of-things/>
- Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39(4). <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>
- SIPSN. (2022). *SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional)*.  
<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Tomberlin, J. K., Adler, P. H., & Myers, H. M. (2009). Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environmental Entomology*, 38(3). <https://doi.org/10.1603/022.038.0347>
- Tomberlin, J. K., & Sheppard, D. C. (2002). Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal of Entomological Science*, 37(4). <https://doi.org/10.18474/0749-8004-37.4.345>
- Wardhana, A. H., Besar, B., Veteriner, P., & Re, J. (2016). *Black Soldier Fly (Hermetia illucens) sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan Ternak (Black Soldier Fly (Hermetia illucens) as an Alternative Protein Source for Animal Feed)*. 26(2), 69–078. <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v26i2.1218>
- waveformlighting.com. (2018, January). *What are full spectrum LED grow lights?*  
<https://www.waveformlighting.com/horticulture/what-are-full-spectrum-led-grow-lights>
- Wikipedia.com. (2022a). *Espressif Systems ESP32*.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/ESP32>
- Wikipedia.com. (2022b). *Telegram*.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Telegram\\_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Telegram_(software))