

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* SUHU,
KELEMBAPAN, WARNA, DAN WAKTU PADA
PROSES FERMENTASI *ECO ENZYME***

LAPORAN TUGAS AKHIR

**LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA SATU (S1) PADA PROGRAM
STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**



Disusun oleh:

**MUSTIKA CITRA FIRMANI
NIM: 30602200212**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

FINAL PROJECT

**DESIGN OF A MONITORING SYSTEM FOR
TEMPERATURE, HUMIDITY, COLOR, AND TIME IN
THE FERMENTATION PROCESS OF ECO ENZYME**

Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at

Department of Electrical Engineering. Faculty of Industrial Technology



Sultan Agung Islamic University

Arranged by:

MUSTIKA CITRA FIRMANI

NIM: 30602200212

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY
SEMARANG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU, KELEMBAPAN, WARNA, DAN WAKTU, PADA PROSES FERMENTASI *ECO ENZYME***” ini disusun oleh:

Nama : Mustika Citra Firmani
NIM : 30602200212
Program Studi : Teknik Elektro (Elektronika Kendali)

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 05 Maret 2025

Pembimbing

10 Maret 2025

Dr. Ir. Muhammad Khosyi'in, ST., MT., IPM.

NIDN.0625077901

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, ST., MT.

NIDN.0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU, KELEMBAPAN, WARNA, DAN WAKTU, PADA PROSES FERMENTASI *ECO ENZYME***” telah dipertahankan di depan dosen penguji pada:

Hari : Rabu

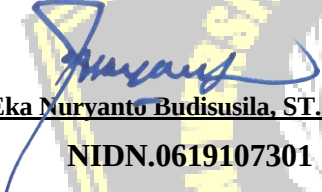
Tanggal : 05 Maret 2025

Tim Penguji,

Penguji I

Penguji II

10 Maret 2025


Dr. Eka Nuryanto Budisusila, ST., MT.

NIDN.0619107301


Dr. Ir. Muhammad Khosvi'in, ST., MT., IPM.

NIDN.0625077901

Ketua Penguji


Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Arttini Dwi P., M.si.

NIDN.0620026501

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mustika Citra Firmani
NIM : 30602200212
Program Studi : Teknik Elektro (Elektronika Kendali)
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING*
SUHU, KELEMBAPAN, WARNA, DAN
WAKTU, PADA PROSES FERMENTASI *ECO*
ENZYME

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis, ataupun dipublikasi oleh siapa pun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis, ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 05 Maret 2025



Yang menyatakan,

Mustika Citra Firmani

NIM.306021200212

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul *Implementasi Conveyor Transfer Palet Pintu Otomatis dan Interlock pada Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu, Kelembapan, Warna, Dan Waktu, Pada Proses Fermentasi Eco Enzyme*). Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Gunarto, SH., MH. selaku rektor Universitas Islam Sultan Agung
2. Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT., IPU., ASEAN Eng. selaku dekan Fakultas Teknologi Industri
3. Jenny Putri Hapsari, ST., MT. selaku ketua program studi Teknik Elektro
4. Dr. Ir. Muhammad Khosy`in, ST., MT., IPM. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, dan
6. Vina dan Mala serta teman-teman yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Semarang, 05 Maret 2025

Mustika Citra Firmani

Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Suhu, Kelembapan, Warna, Dan Waktu, Pada Proses Fermentasi *Eco Enzyme*

Abstrak

Sampah menjadi masalah umum yang dapat ditemui di berbagai belahan dunia, tak terkecuali dengan Indonesia. Permasalahan limbah organik, khususnya sampah makanan, semakin meningkat dan membutuhkan solusi pengelolaan yang tepat dan efektif. Salah satu cara yang dapat diterapkan adalah memanfaatkannya menjadi *eco enzyme*, yang mengubah limbah organik khususnya sampah dapur menjadi cairan serbaguna dengan berbagai manfaat. Namun pembuatan *eco enzyme* sendiri melalui proses fermentasi yang membutuhkan pemantauan suhu, kelembapan, warna, dan waktu yang cukup lama dan dilakukan pengecekan secara berkala. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 sebagai prosesor utama, dengan sensor suhu dan kelembapan DHT22, sensor warna TCS230, serta modul RTC DS3231 untuk pencatatan waktu. Hasil pemantauan ditampilkan pada LCD I2C dan dikirimkan ke aplikasi Telegram sebagai notifikasi waktu nyata jika suhu berada dibawah 25C atau diatas 35C. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki akurasi lebih dari 99% dalam pengukuran suhu dan kelembapan, serta 75% dalam mendeteksi perubahan warna cairan fermentasi. Dengan adanya sistem ini, pemantauan fermentasi *eco enzyme* menjadi lebih efisien, mengurangi kebutuhan pengawasan manual.

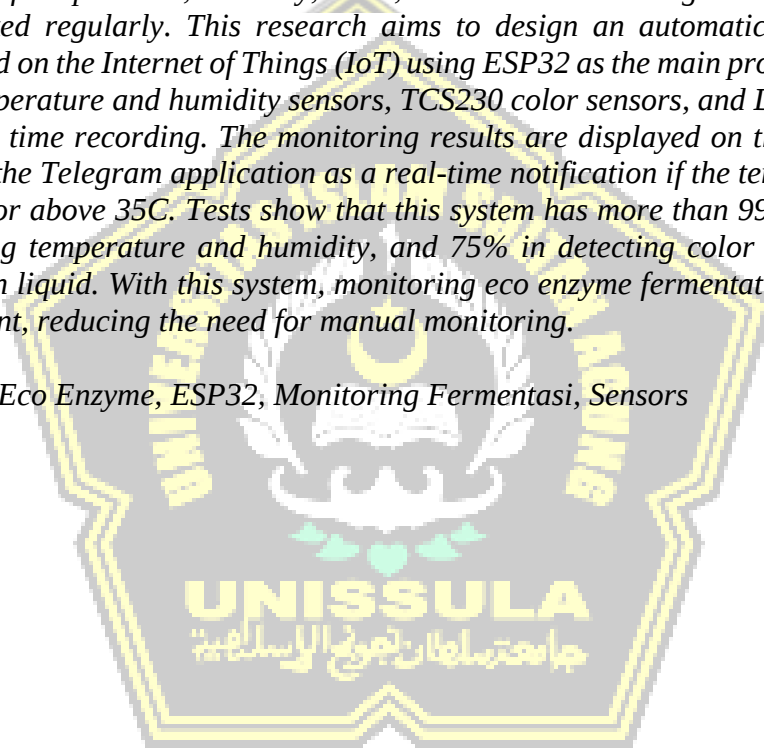
Kata Kunci: *Eco Enzyme, ESP32, Monitoring Fermentasi, Sensor*

Design Of A Monitoring System For Temperature, Humidity, Color, And Time In The Fermentation Process Of Eco Enzyme

Abstact

Waste is a common problem that can be found in various parts of the world, and Indonesia is no exception. The problem of organic waste, especially food waste, is increasing and requires appropriate and effective management solutions. One of the solution that can be applied is to utilize it into eco enzyme, it converts organic waste, especially kitchen waste, into a multipurpose liquid with various benefits. However, the making of eco enzyme itself goes through a fermentation process that requires monitoring of temperature, humidity, color, and time which is long enough and need to be checked regularly. This research aims to design an automatic monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using ESP32 as the main processor, with DHT22 temperature and humidity sensors, TCS230 color sensors, and DS3231 RTC modules for time recording. The monitoring results are displayed on the I2C LCD and sent to the Telegram application as a real-time notification if the temperature is below 25C or above 35C. Tests show that this system has more than 99% accuracy in measuring temperature and humidity, and 75% in detecting color changing of fermentation liquid. With this system, monitoring eco enzyme fermentation becomes more efficient, reducing the need for manual monitoring.

Key words: Eco Enzyme, ESP32, Monitoring Fermentasi, Sensors



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBINGError! Bookmark not defined.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJIError! Bookmark not defined.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR Error! Bookmark not defined.

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH..... Error! Bookmark not defined.

KATA PENGANTAR..... v

Abstrak..... vi

Abstact..... vii

DAFTAR ISI..... viii

DAFTAR TABEL..... xi

DAFTAR GAMBAR..... xii

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 2

1.3 Pembatasan Masalah..... 2

1.4 Tujuan 2

1.5 Manfaat 2

1.6 Sistematika Laporan 3

BAB II TINJUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... 5

2.1 Tinjuan Pustaka..... 5

2.2 Landasan Teori..... 7

2.2.1 Fermentasi 8

2.2.2	<i>Eco Enzyme</i>	8
2.2.3	Modul ESP32	9
2.2.4	Aplikasi Telegram	10
2.2.5	<i>Internet of Things</i>	11
2.2.6	Sensor Suhu dan Kelembapan DHT22	12
2.2.7	Sensor Warna TCS230	13
2.2.8	Modul RTC DS3231	14
2.2.9	Buzzer	14
2.2.10	Modul LCD I2C.....	15
2.2.11	Arduino IDE	16
2.2.12	Devisiasi.....	17
2.2.13	Akurasi dan eror	18
BAB III METODE PENELITIAN		19
3.1	Metode Penelitian	19
3.2	Perancangan Perangkat Keras	22
3.2.1	Desain Alat.....	22
3.2.2	Objek Perancangan.....	23
3.2.3	Perancangan Blok Diagram Sistem	24
3.2.4	Perancangan Alat	25
3.3	Perancangan Perangkat Lunak.....	27
3.3.1	Perancangan Program	28
BAB IV HASIL PERANCANGAN DAN PENGUJIAN		34
4.1	Hasil Perancangan	34
4.1.1	Hasil Perancangan Fermentor <i>Eco Enzyme</i>	34
4.1.2	Hasil Perancangan Kontroler	34

4.1.3	Hasil Perancangan Perangkat <i>Internet of Things</i>	35
4.2	Pengujian.....	36
4.2.1.	Pengujian Sensor DHT22	36
4.2.2.	Pengujian Sensor Warna TCS230	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA		45



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pengujian respon suhu DHT22	37
Tabel 4.2 Hasil pengujian respon kelembapan DHT22	39
Tabel 4. 3 Hasil pengujian sensor warna TCS230	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk fisik ESP32	10
Gambar 2.2 Logo aplikasi Telegram.....	11
Gambar 2.3 Sensor DHT22.....	12
Gambar 2.4 Sensor TCS230.....	13
Gambar 2.5 RTC DS3231	14
Gambar 2.6 Buzzer.....	15
Gambar 2.7 LCD I2C	16
Gambar 2.8 Ikon arduino IDE.....	16
Gambar 2.9 Tampilan awal software arduino IDE	17
Gambar 3. 1 Flowchart pengerjaan Tugas Akhir	20
Gambar 3. 2 Bentuk 3D Sistem Monitoring Proses Fermentasi <i>Eco Enzyme</i>	22
Gambar 3. 3 Tampak dalam Sistem Monitoring Proses Fermentasi <i>Eco Enzyme</i>	22
Gambar 3. 4 Diagram blok sistem monitoring suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi <i>eco enzyme</i>	24
Gambar 3. 5 Wiring antar komponen	25
Gambar 3. 6 wiring antara sensor DHT22 dan ESP32.....	26
Gambar 3. 7 wiring Sensor Warna TCS230.....	26
Gambar 3. 8 Wiring RTC DS3231.....	27
Gambar 3. 9 wiring LCD Monitor	27
Gambar 3.10 Diagram Alir Program.....	28
Gambar 4. 1 Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu, Kelembapan, Warna, Dan Waktu Pada Proses Fermentasi <i>Eco Enzyme</i>	34
Gambar 4.2 Tampilan kontroler sistem pemantau proses fermentasi <i>eco enzyme</i>	35
Gambar 4. 3 Tampilan pada Aplikasi Telegram	36
Gambar 4. 4 Hasil Pengukuran Suhu	40
Gambar 4. 5 Hasil Pengukuran Kelembapan	40
Gambar 4. 6 Pengujian Sensor Warna TCS230	42
Gambar 4. 7 warna cairan yang digunakan untuk pengujian	42

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah menjadi masalah umum yang dapat ditemui diberbagai belahan dunia, tak terkecuali dengan Indonesia. Menurut data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. pada tahun 2024, presentase sampah terbesar yang dihasilkan masyarakat adalah sampah makanan yaitu sebesar 40.67% [1]. Untuk meminimalisir terjadinya pertambahan presesntase limbah makanan dibutuhkan untuk mendaur ulangnya. Salah satu pilihan yang dapat digunakan untuk mendaur ulang sampah organik adalah dengan membuatnya menjadi *Eco Enzyme*.

Eco Enzyme merupakan fermentasi limbah organik seperti sisa buah dan sayur yang ditambah dengan air dan gula. Proses fermentasi ini berlangsung cukup lama, yaitu dalam kurun waktu 3 bulan [2, 3]. Bukan hanya itu, proses fermentasi *eco enzyme* juga di pengaruhi dengan berbagai faktor seperti suhu, kelembapan, dan kondisi lingkungan lainnya. Maka dari itu, sangatlah penting untuk menjaga kondisi lingkungan yang optimal guna memastikan kualitas *eco enzyme* yang dihasilkan.

Memantau kondisi fermentasi secara manual selama beberapa bulan merupakan sangatlah membuang waktu dan tidak praktis. Ketidaktepatan dalam memantau suhu, kelembapan, bisa mengakibatkan kegagalan proses fermentasi atau menurunkan kualitas produk. Selain itu, suhu, kelembapan, dan warna merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan untuk memantau perkembangan bahkan menentukan keberhasilan suatu proses fermentasi *eco enzyme*.

Dibutuhkannya sebuah alat yang dapat memantau semua parameter ini secara otomatis dan terus menerus akan mempermudah pemantauan proses fermentasi. Maka dari itu, pada penelitian ini akan direalisasikan sebuah alat

untuk memantau proses fermentasi *eco enzyme* dengan menggunakan beberapa sensor yaitu sensor suhu, kelembapan, dan warna. Penelitian ini menggunakan perangkat ESP32 sebagai pemroses, sensor suhu, kelembapan, warna, dan modul RTC sebagai input, LCD I2C sebagai *output* untuk menampilkan hasil pembacaan dari sensor serta dapat mengirimkan pesan ke *handphone* melalui aplikasi telegram.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, adapun beberapa perumusan masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Bagaimana cara memantau proses fermentasi secara otomatis, efektif, dan *real time*?
2. Bagaimana cara merancang dan membangun pemantau proses fermentasi *eco enzyme* yang dapat menampilkan data secara waktu nyata?
3. Bagaimana keakuratan data yang dihasilkan dibandingkan dengan metode menguji secara manual?

1.3 Pembatasan Masalah

1. Pembacaan parameter berupa sensor suhu dan kelembapan DHT22 pada tempat penyimpanan, warna cairan TCS230, serta waktu yang telah ditempuh dengan menggunakan prosesor ESP32.
2. Alat ini dirancang untuk digunakan pada skala rumahan atau skala kecil
3. Alat ini dirancang untuk pembuatan *eco enzyme* dengan campuran molase

1.4 Tujuan

1. Membuat alat yang dapat memantau proses fermentasi *eco enzyme* dan menentukan kapan selesai proses fermentasi tersebut
2. Melakukan pengujian dan validasi data yang dihasilkan sensor suhu, kelembapan, warna, dan waktu yang telah ditempuh.
3. Menganalisis data pengujian dan melakukan peningkatan efisiensi dan kualitas sistem.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

1. Membantu untuk memantau proses fermentasi *eco enzyme* secara otomatis, efektif, serta dalam waktu nyata.
2. Tidak perlu melakukan pemantauan beberapa aspek secara manual
3. Mahasiswa dapat mengetahui dan memahami parameter yang menjadi faktor keberhasilan pembuatan *eco enzyme*

1.6 Sistematika Laporan

Dalam penyusunan tugas akhir ini dilakukan pengelompokan menurut isi dalam beberapa bab. Sistematika penulisannya adalah sebagai berikut.

BAB I: Pendahuluan

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

BAB II: Tinjauan Pustaka

Bab II Tinjauan pustaka berisi tentang tinjauan pustaka dan teori dasar yang mendukung rancang bangun alat pemantau proses fermentasi *eco enzyme*, khususnya komponen dan rangkaian yang digunakan

BAB III: Metode Penelitian

Bab III Metode Penelitian membahas tahap perancangan sistem pengaman tempat penyimpanan yang berisi uraian tahapan penyelesaian tugas akhir yang memuat tentang tahap perancangan sistem menggunakan bahasa C yang digunakan ESP32 untuk menjalankan sistem, tahap pembuatan desain sistem, pengintegrasian masing-masing fungsi kontrol. Kemudian dilakukan perancangan perangkat keras yang menghubungkan ESP32 sebagai kontrol utama, dan dilakukan tahap uji coba sistem serta perangkat keras yang telah terintegrasi.

BAB IV: Hasil dan Pembahasan

Bab IV Analisis dan Pembahasan membahas langkah-langkah dalam pengujian alat, hasil pengukuran dalam setiap rangkaian, pengujian dalam setiap

rangkaian, spesifikasi alat yang digunakan, serta petunjuk–petunjuk pengoperasian pada alat yang dibuat. Kemudian dibahas hasil dari pengujian perancangan seluruh sistem yang nantinya dapat diperoleh nilai-nilai kondisi yang tepat sehingga sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan ide perencanaan,

BAB V: Kesimpulan dan Saran

Bab V Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian berdasarkan rumusan masalah dan Saran untuk mengembangkan penelitian selanjutnya.



BAB II TINJUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Rancang bangun *monitoring* perkembangan proses fermentasi *Eco enzyme* dilengkapi dengan sensor suhu, kelembapan, warna sebagai masukan serta dapat menghitung berapa lama proses fermentasi tersebut. Menggunakan mikrokontroller ESP32 sebagai pemroses. Keluaran dari sistem ini berupa LCD I2C sebagai penampil dari hasil beberapa sensor tersebut.

Beberapa acuan dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan perancangan sistem *monitoring* proses fermentasi diantaranya adalah:

1. Sistem *Monitoring* Suhu dan Kelembapan pada Inkubator Fermentasi Tempe Menggunakan *Thingier.io*. Alat ini menggunakan sensor suhu dan kelembapan DHT22 sebagai masukan yang digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan dalam wadah atau fermentor tempe. Arduino Mega NodeMCU ESP8266 dipilih sebagai pemroses karena akan digunakan untuk mengirimkan data ke *Thingier.io*. Serta keluaran berupa *website Thingier.io* sebagai penampil hasil dari pembacaan sensor. Digunakan pula LCD sebagai penampil data yang diletakkan di dalam alat. Pada alat ini telah dilengkapi dengan *internet of things* berupa *website Thingier.io* dengan itu, maka pengguna dapat mengecek proses fermentasi tempe secara langsung tanpa harus datang ke tempat fermentor serta alat ini dapat mempercepat proses fermentasi tempe. Namun alat ini hanya dapat digunakan untuk fermentasi tempe dalam skala kecil [4].
2. Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Suhu dan pH Berbasis Iot pada Proses Fermentasi Anaerob Kopi Arabika Argopuro. Sistem ini menggunakan sensor suhu Ds18B20 sebagai masukan untuk mengukur suhu yang terdapat di dalam wadah fermentor anaerob kopi arabika argopuro, pemroses NodeMCU ESP8266. Dipilihnya NodeMCU ESP8266 digunakan untuk mengirimkan data dari sensor ke aplikasi *blynk* karena aplikasi tersebut memerlukan koneksi *wifi*. Serta menggunakan aplikasi *Blynk* sebagai penampil hasil pembacaan sensor.

Pada penelitian ini sangat memudahkan pengguna karena telah terintegrasi pada aplikasi *blynk* sehingga pengguna tidak perlu datang ke tempat fermentasi karena data telah dikirimkan ke *smartphone* pengguna. Namun, penelitian ini hanya dikhususkan untuk kopi dengan jenis Arabika Argopuro dan hanya untuk proses fermentasi anaerob [5].

3. Rancang Bangun Alat *Monitoring* Suhu Menggunakan Sensor Ds18b20 Dan Pengaduk Otomatis Pada Proses Fermentasi Kakao. Alat ini menggunakan sensor DS18B20 sebagai pendeteksi suhu di dalam wadah yang digunakan untuk fermentasi kakao, menggunakan Sanyo P-WH137B sebagai motor listrik untuk mengaduk kakao yang sedang difermentasi. Pemroses yang digunakan pada alat ini ialah ESP-32 DEV KIT V1. Untuk keluaran sendiri alat ini menggunakan Internet of Things yang terhubung melalui *Thingspeak* dan Telegram. Pada penelitian memiliki kelebihan karena telah terintegrasi dengan 2 penampil data yaitu *thingspeak* dan telegram, namun karena menggunakan *website thingspeak* maka membutuhkan *micro SD* yang harus diperbarui setiap kali penyimpanan data tersebut telah penuh dan tidak dapat menampung data lebih banyak lagi. [6]
4. Sistem *Monitoring* Suhu Penyimpanan Dan Waktu Fermentasi Pada Kematangan Tape Ubi Jalar Berbasis *Internet Of Things*. Pada alat ini menggunakan prosesor NodeMCU ESP8266 yang digunakan untuk mengirimkan pembacaan data dari sensor ke *web thingspeak*, serta menggunakan sensor suhu DHT11 sebagai masukan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan yang terdapat di dalam fermentor tape ubi jalar. Keluaran yang digunakan pada alat ini disambungkan dengan IoT dan dilengkapi dengan LCD I2C sebagai penampil data. Pada penelitian ini telah dilengkapi dengan *internet of things* sehingga memudahkan pengguna dalam memantau proses fermentasi pada kematangan tape ubi jalar. Namun dalam penelitian ini masih digunakannya sensor suhu DHT11 yang memiliki spesifikasi komponen lebih rendah dibandingkan dengan DHT22 atau SHT20 yang memiliki spesifikasi lebih tinggi sehingga hasil pembacaan data lebih akurat. [7]

5. Sistem *Monitoring* Biodigester Berbasis Arduino Nano. Pada sistem ini digunakan sensor tekanan, sensor pH, serta sensor *water level* sebagai masukan dengan Arduino Nano sebagai pemroses. Keluaran yang digunakan dalam alat ini adalah Motor AC, Katup DC, *strobe* serta pompa air. Pada alat ini menggunakan *power supply* untuk mengaktifkan mikrokontroler, komponen input, dan LCD. Digunakan pula sensor *Thermocouple MAXCOUPLE6675* sebagai pendeteksi suhu pada limbah, sensor pH, *water Flow Sensor G1/2* untuk mengukur ketinggian limbah serta RTC DS3231 untuk menjalankan fungsi waktu pada sistem. Dalam blok proses digunakan relay 4 channel sebagai saklar untuk mematikan motor AC, katup DC, pompa air, dan *Strobe Light*. Kelebihan pada penelitian ini adalah semua pembacaan sensor dapat dilihat melalui LCD serta alat ini dapat mengaduk limbah saat tangki telah memenuhi takaran. Namun, dalam penelitian tidak terintegrasi dengan *internet of things* sehingga pengguna alat ini harus pergi ke tempat fermentor dan tidak dapat memantau melalui smartphone. [8]
6. Pengembangan Sistem *Monitoring Real-Time* Fermentasi Kopi Pada Bioreaktor Berbasis Arduino Mega 2560 Untuk Parameter Suhu Dan Kelembaban. Alat ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega sebagai pemroses. Masukan yang digunakan pada alat ini ialah SHT20 sebagai sensor kelembapan dan suhu dalam fermentor, serta keluaran berupa LCD TFT 2.4inch sebagai penampil hasil pembacaan sensor. Arduino Mega 2560 dipilih sebagai pemroses dalam penelitian kali ini. Pada penelitian ini digunakan modul *MicroSD* untuk menyimpan data, ini menyebabkan tempat penyimpanan data tergantung pada seberapa besar *MicroSD* yang digunakan, semakin kecil kapasitas *MicroSD* semakin kecil pula data yang dapat ditampung. Namun, dalam penelitian ini dapat memantau 2 proses fermentasi sekaligus, yaitu proses fermentasi anaerob dan semi-anaerob. [9]

2.2 Landasan Teori

Adapun komponen yang digunakan dalam pembuatan penelitian ini, yaitu peralatan masukan yang terdiri dari sensor suhu dan kelembapan DHT22

sensor warna TCS230, RTC DS3231. Peralatan pemroses data yaitu ESP32. Sedangkan peralatan luaran yaitu LCD I2C sebagai penampil kondisi fermentasi secara waktu nyata, buzzer sebagai penanda waktu fermentasi telah usai, serta dilengkapi dengan *internet of things* yang dapat mengirimkan pesan ke telepon genggam melalui aplikasi bernama telegram.

2.2.1 Fermentasi

Fermentasi adalah proses biokimia yang melibatkan mikroorganisme, seperti ragi dan bakteri, untuk mengubah senyawa organik, terutama karbohidrat, menjadi produk yang lebih sederhana, seperti alkohol atau asam, dalam kondisi anaerobik (tanpa oksigen) [10]. Proses ini tidak hanya berfungsi sebagai metode pengawetan makanan, tetapi juga menghasilkan berbagai produk dengan rasa dan aroma yang khas. Fermentasi dapat didefinisikan sebagai penguraian metabolik senyawa organik oleh mikroorganisme yang menghasilkan energi. Proses ini berlangsung tanpa kehadiran oksigen dan melibatkan aksi enzim yang dihasilkan oleh mikroba.

Fermentasi dapat dibedakan menjadi dua jenis utama berdasarkan kebutuhan oksigen:

- a. Fermentasi Anaerob: Proses ini terjadi tanpa adanya oksigen. Contoh produk yang dihasilkan termasuk alkohol (seperti bir dan anggur) dan asam laktat (seperti pada yoghurt)
- b. Fermentasi Aerob: meskipun kurang umum dalam konteks makanan, proses ini melibatkan penguraian substrat dengan kehadiran oksigen

2.2.2 Eco Enzyme

Eco enzyme adalah cairan alami yang dihasilkan dari fermentasi sampah organik, seperti sisa buah dan sayuran, gula (seperti gula merah atau molase), dan air [11]. Proses ini pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong dari Thailand, dengan tujuan untuk mengolah limbah dapur menjadi produk yang bermanfaat bagi lingkungan.

Eco enzyme memiliki berbagai manfaat, beberapa diantaranya adalah:

- a. Pembersih ramah lingkungan yang digunakan sebagai pembersih serbaguna untuk rumah tangga, karena efektif dalam menghilangkan kotoran dan bau
- b. Pengusir hama karena *eco enzyme* dapat dijadikan sebagai alternatif alami untuk pestisida kimia
- c. Dapat mengurangi sampah karena terbuat dari sampah organik sehingga berkontribusi untuk pengolahan sampah yang lebih baik
- d. Pupuk alami karena dapat memberikan nutrisi yang diperlukan

2.2.3 Modul ESP32

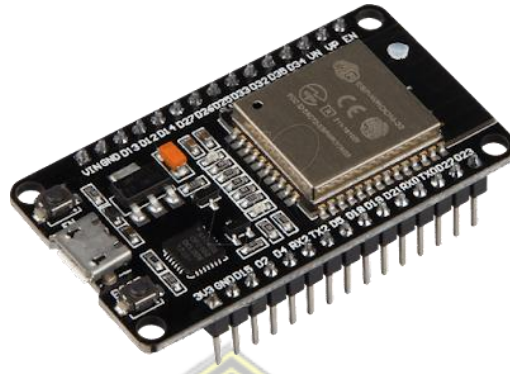
ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems, dan merupakan penerus dari ESP8266. Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur unggulan yang membuatnya sangat cocok untuk aplikasi Internet of Things (IoT), termasuk integrasi Wi-Fi dan Bluetooth dalam satu chip, yang memungkinkan konektivitas nirkabel yang mudah. ESP32 dapat diprogram menggunakan berbagai platform seperti Arduino IDE, PlatformIO, dan Espressif IoT Development Framework. Dengan kombinasi fitur-fitur ini, ESP32 menawarkan solusi yang fleksibel dan efisien untuk berbagai proyek elektronik berbasis IoT.

Spesifikasi utama ESP32 adalah:

- a. Prosesor: Xtensa dual-core (atau single core) 32-bit LX6, dengan kecepatan hingga 240 Mhz
- b. Memori: 520 KB SRAM
- c. Konektivitas: Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth v4.2 (BR/EDR dan BLE)
- d. I/O Periferal:
 - 18 saluran ADC (Analog-to-Digital Converter)
 - 2 saluran DAC (Digital-to-Analog Converter)
 - 16 saluran PWM (Pulse Width Modulation)
 - Beberapa antarmuka komunikasi SPI, I2C, UART

Pemilihan modul ESP32 ini dikarenakan beberapa hal, beberapa diantaranya adalah konektivitas nirkabel yang kuat, memiliki efisiensi daya, serta memiliki

fleksibilitas dalam pengembangan sehingga dapat digunakan untuk menghubungkan beberapa sensor dan aktuator sekaligus.



Gambar 2.1 Bentuk fisik ESP32

2.2.4 Aplikasi Telegram

Telegram adalah aplikasi layanan pesan instan berbasis cloud yang dikembangkan oleh Pavel Durov dan diluncurkan pada tahun 2013. Aplikasi ini dirancang untuk memungkinkan pengguna saling berkirim pesan teks, gambar, video, dan berbagai jenis file dengan cepat dan aman. Berikut adalah beberapa fitur utama dan keunggulan Telegram:

Fitur utama pada telegram

- Telegram memungkinkan pengguna untuk mengirim pesan secara real-time, baik dalam bentuk teks maupun multimedia, seperti foto dan video.
- Memungkinkan pembuatan komunitas dengan jumlah anggota tak terbatas, di mana hanya admin yang dapat mengirim pesan.
- Telegram mendukung grup dengan kapasitas hingga 200.000 anggota, memungkinkan komunikasi multipersonal dalam satu platform
- menawarkan enkripsi end-to-end untuk percakapan yang lebih aman, di mana pesan tidak disimpan di server dan dapat diatur untuk terhapus secara otomatis setelah waktu tertentu.
- Telegram menyediakan API untuk pengembangan bot, yang dapat beroperasi secara otomatis merespons perintah pengguna, memungkinkan berbagai aplikasi mulai dari game hingga layanan pelanggan.
- Telegram memungkinkan pengiriman file dengan ukuran hingga 2 GB per file, jauh lebih besar dibandingkan aplikasi pesan lainnya.

Keunggulan Telegram

- Semua komunikasi di Telegram dapat dienkripsi, memberikan perlindungan terhadap penyadapan.
- Pengguna dapat mengakses akun mereka dari berbagai perangkat secara bersamaan tanpa kehilangan data.
- Telegram adalah layanan gratis yang tidak mengandung iklan, memberikan pengalaman pengguna yang lebih bersih.
- Telegram dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk komunikasi pribadi, bisnis, dan pendidikan.



Gambar 2.2 Logo aplikasi Telegram

Dipilihnya aplikasi ini di dalam penelitian ini adalah kemudahan dalam mengoperasikan serta aplikasi ini menyediakan keamanan dan enkripsi yang kuat, dapat diakses melalui berbagai platfor secara bersamaan tanpa kehilangan data, serta memiliki API bot terbuka.

2.2.5 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) dapat didefinisikan kemampuan berbagai *device* yang bisa saling terhubung dan saling bertukar data melalui jaringan internet. *Internet of Things* merupakan sebuah konsep teknologi yang memungkinkan adanya sebuah pengendalian, komunikasi, kerjasama dengan berbagai perangkat keras, data melalui jaringan internet. Sehingga bisa dikatakan bahwa *Internet of Things* (IoT) adalah ketika kita menyambungkan sesuatu (*things*) yang tidak dioperasikan oleh manusia, ke internet.

Namun konsep *Internet of Things* bukan hanya terkait dengan pengendalian perangkat melalui jarak jauh, tapi juga bagaimana berbagi data, memvirtualisasikan segala hal nyata ke dalam bentuk internet, dan lain-lain. Manfaatnya menggunakan teknologi IoT yaitu pekerjaan yang dilakukan oleh manusia menjadi lebih cepat, mudah dan efisien. Dengan perkembangan IPTEK yang terus mengalami kemajuan di berbagai sektor, dan keinginan manusia yang ingin mendapat kemudahan di segala aktivitas, pada saat ini infrastruktur internet bukan hanya menghubungkan antar komputer atau antar ponsel pintar, melainkan sudah merambat ke berbagai benda-benda lain, disitulah teknologi *Internet of Things* mampu menghubungkan dari internet ke benda lain seperti mesin produksi, pendeteksi suhu dan kelembaban, serta berbagai sensor yang digunakan manusia.

2.2.6 Sensor Suhu dan Kelembapan DHT22

Sensor DHT22 adalah salah satu sensor yang dapat mengukur dua parameter lingkungan sekaligus, yakni suhu dan kelembapan udara (humidity). DHT22 (juga dikenal sebagai AM2302) adalah sensor suhu dan kelembapan seperti DHT11, namun memiliki kelebihan seperti Output sudah berupa sinyal digital dengan konversi dan perhitungan dilakukan oleh MCU 8-bit, DHT-22 lebih akurat dan presisi dalam hasil pengukuran dibanding DHT11, Range pengukuran suhu dan kelembapan yang lebih lebar dan mampu mentransmisikan sinyal output melewati kabel yang panjang (hingga 20m) sehingga cocok untuk ditempatkan di mana saja.

Gambar sensor DHT22 dapat dilihat pada Gambar 2.3

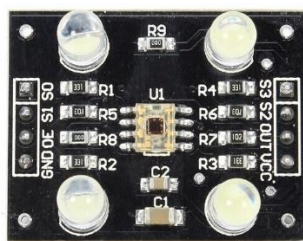


Gambar 2.3 Sensor DHT22

Pada penelitian ini dipilih sensor suhu dan kelembapatan DHT22 dikarenakan sensor ini memiliki keakurasian yang tinggi dengan akurasi suhu $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ dalam rentang -40°C hingga 80°C serta kelembapan dengan akurasi $\pm 2\%$ hingga $\pm 5\%$ dalam rentang 0-100% RH. Bukan hanya itu DHT22 juga memiliki kompatibilitas dengan ESP32 karena data yang diberikan dapat dengan mudah dikirimkan ke platform *cloud*. Serta memiliki antarmuka digital yang sederhana dan hanya membutuhkan satu pin GPIO pada mikrokontroler ESP32.

2.2.7 Sensor Warna TCS230

Sensor warna TCS230 adalah sensor warna yang sering digunakan pada Aplikasi mikrokontroler untuk pendeteksian suatu objek benda atau warna sari objek yang dimonitor. Sensor warna TCS230 juga dapat digunakan sebagai sensor gerak, dimana sensor mendeteksi gerakan suatu objek berdasarkan perubahan warna yang diterima oleh sensor IC TCS230 dapat dioperasikan dengan supply tegangan pada Vdd berkisar antara 2,7Volt – 5,5 volt, dalam pengoperasiannya sensor tersebut dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan mode supply tegangan maksimum, yaitu dengan menyuplai tegangan berkisar antara 2,7volt – 5,5 volt pada sensor warna TCS230 dan mode supply tegangan minimum, yaitu dengan menyuplai tegangan 0 sampai 0,8. Sensor warna TCS230 terdiri dari 4 kelompok *photodiode*. Bentuk fisik sensor TCS2300 dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Sensor TCS230

Sensor ini dipilih karena memiliki fleksibilitas pengaturan skala sehingga cocok digunakan diberbagai kondisi pencahayaan, kompatibilitas dengan mikrokontroler

ESP32, serta sensor ini tahan terhadap gangguan atau noise disbanding dengan sensor analog karena data yang dihasilkan berupa sinyal frekuensi.

2.2.8 Modul RTC DS3231

RTC DS3231 berfungsi untuk menghitung waktu terus menerus mulai dari hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik. Pengujian ini berfungsi untuk menampilkan perhitungan tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik yang dilakukan oleh RTC. RTC DS3231 berfungsi mengolah data agar lebih akurat. Modul RTC DS3231 adalah salah satu jenis modul yang dimana berfungsi sebagai RTC (*Real Time Clock*) atau pewaktuan digit. Selain itu pada modul terdapat IC EPROM tipe AT24C32 yang dapat dimanfaatkan juga. Interface atau antarmuka untuk mengakses modul ini yaitu menggunakan I2C *atau two wire* (SDA dan SCL). Bentuk fisik Modul RTC DS3231 ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 RTC DS3231

Pemilihan modul dalam proyek ini dikarenakan modul ini memiliki akurasi yang tinggi dengan akurasi ± 2 menit per tahun, memiliki waktu penyimpanan waktu secara waktu nyata, serta mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 dan menggunakan protocol komunikasi I2C sehingga hanya membutuhkan dua pin yaitu SDA dan SCL.

2.2.9 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan *loud speaker*, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari

arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm). Bentuk fisik buzzer ditunjukkan pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Buzzer

Pada dasarnya, setiap buzzer elektronika memerlukan input berupa tegangan listrik yang kemudian diubah menjadi getaran suara atau gelombang bunyi yang memiliki frekuensi berkisar antara 1 - 5 KHz.

2.2.10 Modul LCD I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan suatu perangkat elektronika yang terkonfigurasi dengan kristal cair dalam gelas plastik atau kaca sehingga mampu memberikan tampilan berupa titik, garis, simbol, huruf, angka maupun gambar. LCD terbagi menjadi dua macam berdasarkan bentuk tampilannya, yaitu yang menampilkan huruf atau angka dan Graphic – LCD yang menampilkan bentuk titik, garis, dan gambar. LCD ini dapat diakses secara serial menggunakan protocol I2C. Modul LCD memiliki empat kaki yaitu VCC, GND, SDA dan SCL dengan alamat yang dapat diatur mulai 0x20 sampai 0x27. Tingkat ketajaman karakter LCD dapat diatur dengan memutar variable resistor yang disediakan pada modul dan hanya membutuhkan sumber tegangan 5VDC. Bentuk fisik LCD I2C dapat dilihat pada Gambar 2.7

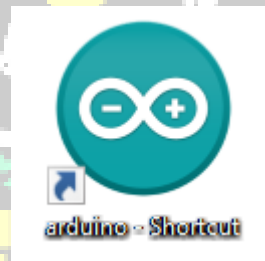


Gambar 2.7 LCD I2C

Pemilihan LCD I2C ini dikarenakan memakai integrasi yang efisien, memiliki rangkaian yang sederhana sehingga memerlukan sedikit kabel yang membuat desain lebih sederhana dan rapi, memiliki kecepatan komunikasi yang fleksibel dan dapat disesuaikan.

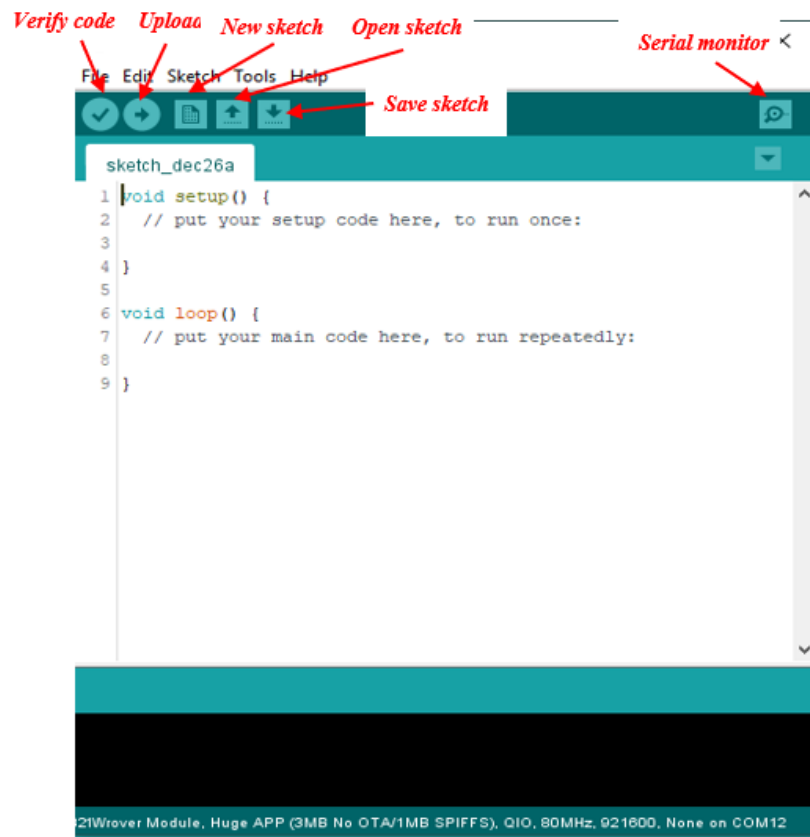
2.2.11 Arduino IDE

Pemrograman untuk membuat sistem pemantau proses fermentasi *eco enzyme* menggunakan aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Aplikasi ini dapat dijalankan dengan klik dua kali pada ikon Arduino IDE pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Ikon arduino IDE

Arduino IDE berguna untuk menuliskan, mengedit, meng-upload source program dan uji coba hasil kompilasi secara terminal serial. Tampilan *software* arduino IDE dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Tampilan awal software arduino IDE

Fitur yang terdapat pada *software* arduino IDE

- a. Verify, digunakan untuk meng-*compile* atau mem-*verify sketch coding* apakah sudah sesuai atau masih terdapat kesalahan. Apabila masih terdapat kesalahan akan muncul keterangan error di bawah.
- b. Upload, digunakan untuk memasukkan program ke *board* yang ditentukan.
- c. New, digunakan untuk membuka halaman *sketch* baru.
- d. Open, digunakan untuk membuka proyek yang pernah dibuat dan tersimpan.
- e. Save, ditujukan untuk menyimpan *sketch* atau program yang telah dibuat.
- f. Serial Monitor, berguna untuk menampilkan data dari percobaan program yang telah di-*upload* pada board yang telah ditentukan dan dijalankan melalui terminal serial.

2.2.12 Devisiasi

Standar deviasi atau simpangan baku memperlihatkan jarak setiap titik data dengan nilai rata-rata. Jika jarak atau penyebarannya jauh atau luas, maka bisa dikatakan

standar deviasinya tinggi. Sedangkan jika jaraknya mendekati nol (dekat dengan nilai rata-rata), maka standar deviasinya rendah. Berikut merupakan rumus untuk mencari nilai deviasi:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

$$d_n = |x_n - \bar{x}| \quad (2)$$

Pengukuran yang telah dilakukan di setiap hasil pengujian dihitung untuk kemudian digunakan untuk menghitung deviasi rata-rata dengan menggunakan rumus:

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + |d_3| + \dots + |d_n|}{n} \quad (3)$$

Keterangan

$\bar{x}$: nilai rata-rata dari jumlah hasil pengukuran

x : hasil pengukuran

d : Nilai deviasi

n : Jumlah Pengukuran

D : Nilai deviasi rata-rata dari semua pengukuran

2.2.13 Akurasi dan eror

Akurasi merupakan ukuran seberapa jauh hasil pengukuran mendekati harga sebenarnya dari pada besaran yang diukur. Sedangkan eror selisih antara hasil pengukuran dan nilai sebenarnya dari kuantitas yang diukur. Berikut merupakan rumus perhitungan akurasi:

$$Akurasi = 100\% - \left[\frac{|Nilai Acuan - Nilai rata-rata|}{Nilai Acuan} \times 100\% \right] \quad (4)$$

Sedangkan untuk perhitungan eror bisa didapatkan dengan rumus:

$$Error \text{ rata - rata} = \left[\frac{|Nilai Acuan - Nilai rata-rata|}{Nilai Acuan} \times 100\% \right] \quad (5)$$

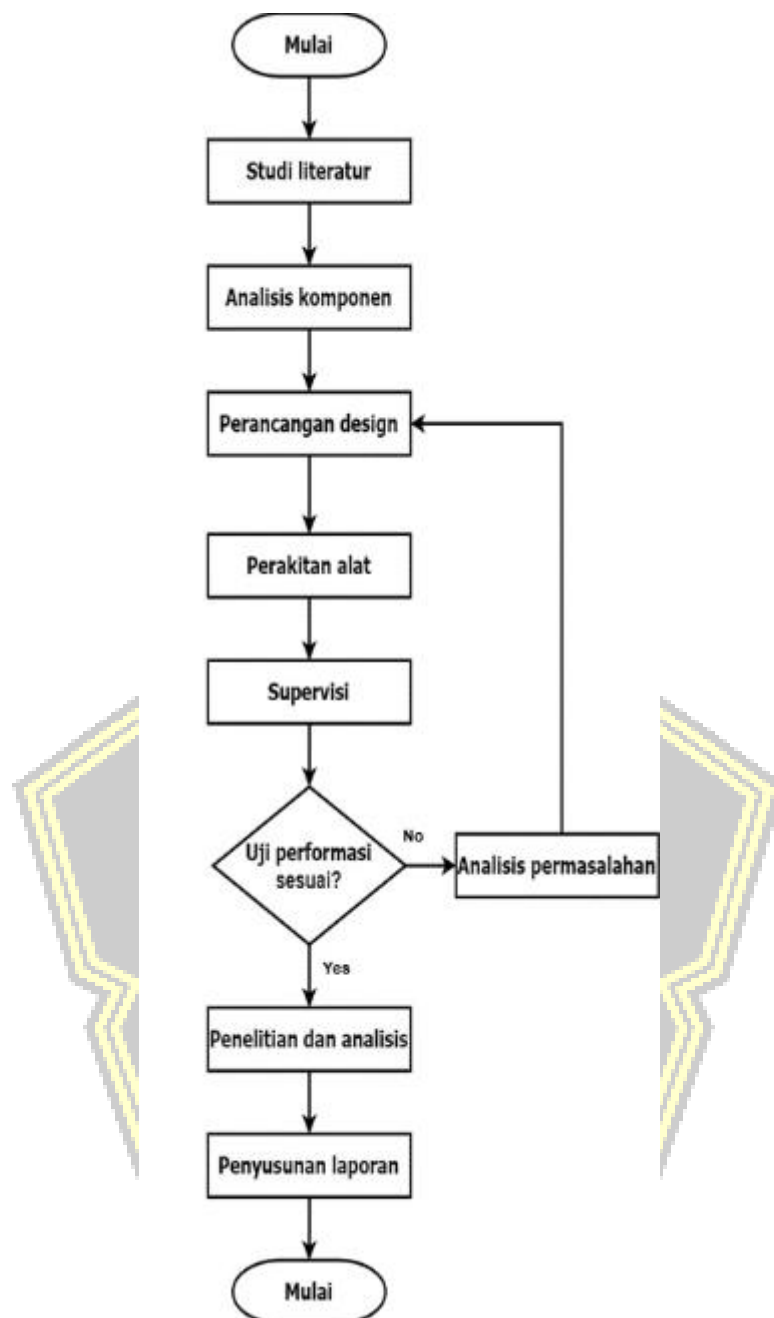
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Kegiatan pelaksanaan penelitian mencakup tahapan penyelesaian tugas akhir, yaitu tahap studi literatur, tahap perancangan alat, tahap perakitan alat, pengujian alat hasil rancangan, supervisi, penganalisaan data dan penyusunan laporan. Flowchart pelaksanaan penelitian tugas akhir ini diperlihatkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Flowchart pengerjaan Tugas Akhir

Penjelasan dari flowchart metodologi penelitian tugas akhir rancang bangun sistem pemantauan suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi *eco enzyme* sebagai berikut

- a. Studi literatur

Studi literatur bertujuan untuk mencari informasi dan mengkaji mengkaji teori dasar yang relevan bersumber pada referensi buku, jurnal ilmiah, ataupun manual book yang berkaitan dengan penelitian yang dilaksanakan.

b. Analisis komponen

Analisis komponen adalah melakukan analisis komponen yang dibutuhkan dalam membuat rancang bangun sistem pemantauan suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi *eco enzyme*. Setelah melakukan studi literatur, kemudian dilakukan analisis komponen untuk dibuat catatan daftar komponen dan selanjutnya dibelanjakan.

c. Perancangan desain

Setelah mendapatkan komponen-komponen yang dibutuhkan selanjutnya melakukan perancangan rancang bangun sistem pemantauan suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi *eco enzyme*.

d. Perakitan alat

Perakitan alat dilakukan setelah desain yang dirancang telah sesuai dan pembuatan program dari komponen yang dapat bekerja otomatis.

e. Pengujian alat

Pada tahap ini dilakukan pengujian alat yang telah dibuat meliputi pengujian program yang dibuat dan alat yang dirakit. Pengujian program ini berdasarkan dengan kerja alat apakah sudah sesuai dengan yang diinginkan atau belum. Apabila hasil kinerja alat tidak sesuai maka kembali pada perancangan desain untuk kembali diolah. Namun jika kinerja dan output telah sesuai maka dilanjutkan ke tahap berikutnya. Sedangkan parameter akan diuji dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat uji konvensional.

f. Supervisi dan analisis

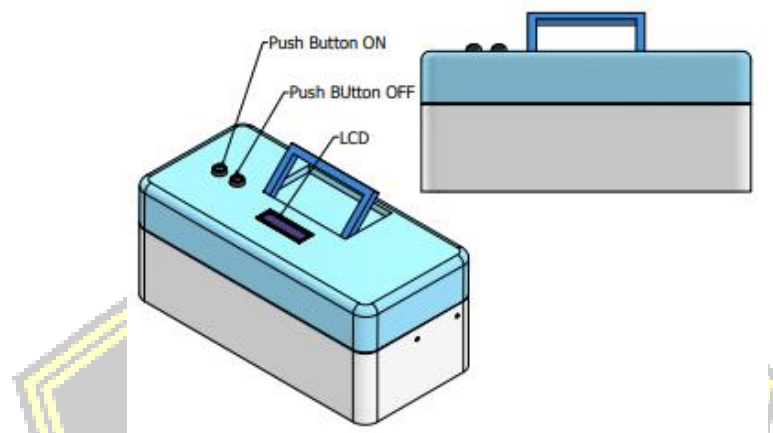
Setelah dilakukan pengujian dan analisis diperoleh data hasil pengujian untuk mengetahui rancang bangun sistem pemantauan suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi *eco enzyme* dapat bekerja optimal dan

mengetahui efisiensi sistem pengaman ini. Kemudian dilakukan pembahasan dari data yang diperoleh.

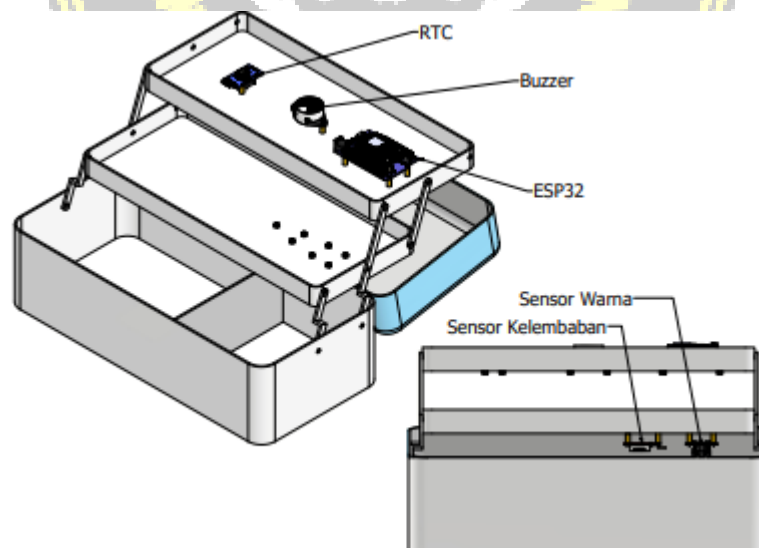
3.2 Perancangan Perangkat Keras

3.2.1 Desain Alat

Bentuk 3D dari alat *monitoring* suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi *eco enzyme* dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3. 2 Bentuk 3D Sistem Monitoring Proses Fermentasi Eco Enzyme



Gambar 3. 3 Tampak dalam Sistem Monitoring Proses Fermentasi Eco Enzyme

Keterangan

Pada perancangan Sitem *monitoring* suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada fermentasi *eco enzyme* membutuhkan beberapa komponen dasar sebagai berikut:

1. ESP32
2. Sensor DHT22
3. RTC DS3231
4. Sensor warna TCS230
5. Buzzer
6. LCD I2C
7. Push Button

Dengan LCD I2C di bagian depan kotak untuk menampilkan hasil dari pembacaan sensor suhu, kelembapan, warna, dan juga waktu yang telah ditempuh dalam proses fermentasi. Saat suhu berada diatas 30 derajat celcius atau suhu berada dibawah 25 derajat celcius, maka buzzer akan menyala dan akan mengirimkan pesan ke telepon genggam.

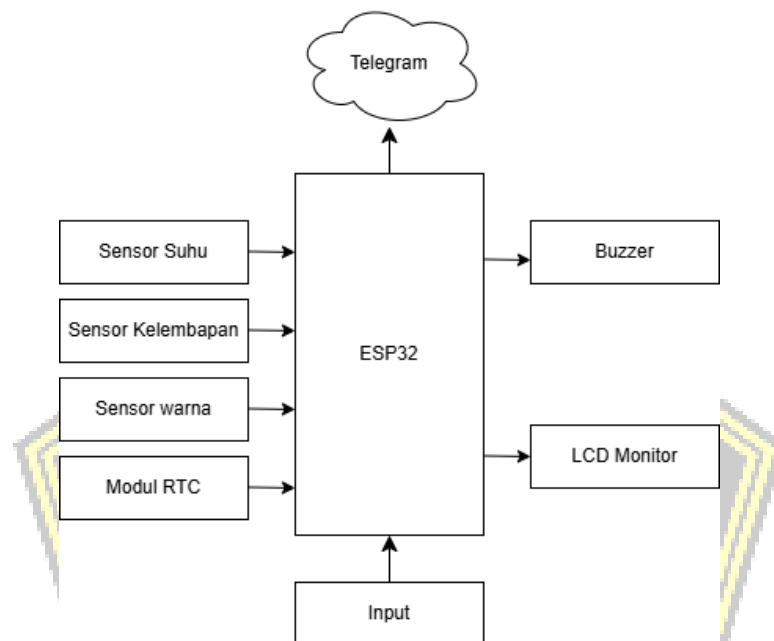
Nantinya alat ini akan berbentuk *container box* yang menjadi wadah untuk air, sampah organik, dan molase yang di tutupnya akan dilengkapi dengan berbagi sensor sebagai pendeteksi suhu, kelembapan dan warna. Sensor DHT22 akan membaca suhu dan kelembapan yang terdapat dalam *box container* tersebut, dan sensor warna akan membaca warna cairan yang seiring berjalannya waktu akan berubah warna yang kemudian hasilnya akan ditampilkan dalam LCD. Bukan hanya menampilkan hasil pembacaan sensor DHT22 dan warna, LCD juga menampilkan informasi waktu yang harus ditempuh.

3.2.2 Objek Perancangan

Objek yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah larutan *eco enzyme* yang terbuat dari sisa bahan pangan rumah tangga seperti sisa sayuran dan kulit buah-buahan yang dicampur dengan air dan molase dengan perbandingan 10 bagian untuk air, 3 bagian untuk sampah organik (sampah dapur) dan 1 bagian untuk molase.

3.2.3 Perancangan Blok Diagram Sistem

Perancangan blok diagram sistem menggambarkan sistem secara keseluruhan mulai dari input, proses dan output sehingga memudahkan dan membantu dalam perancangan sistem. Berikut rancangan dari blok diagram sistem dapat dilihat pada gambar 3.4



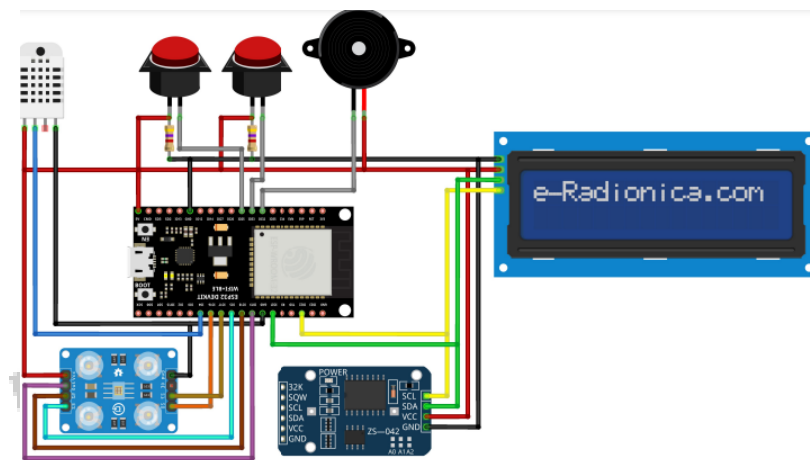
Gambar 3. 4 Diagram blok sistem monitoring suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi eco enzyme

Penjelasan blok diagram pada gambar 3.4 adalah input yang digunakan membutuhkan tegangan kerja 12VDC dan untuk menghidupkan alat ini penulis menggunakan adaptor 12VDC 2A. Masukan pada sistem ini menggunakan sensor suhu dan kelembapan dalam alat ini digunakan sensor DHT22, sensor warna TCS230. Serta modul RTC DS3231 untuk menghitung seberapa lama proses fermentasi telah berlangsung. Data dari ketiga sensor tersebut akan ditransfer ke ESP32 sebagai prosesor kemudian ESP32 akan membaca data yang telah ditransfer oleh ketiga sensor dan mengolahnya menggunakan program yang telah diatur dalam aplikasi Arduino IDE. Output dari sistem ini adalah hasil pengukuran yang telah dilakukan sensor yang akan ditampilkan dalam LCD display 16x2. Jika hasil

pengukuran tersebut melebihi atau kurang dari standard yang telah ditentukan maka ESP32 akan membuat perintah untuk mengirimkan pesan ke telepon genggam.

3.2.4 Perancangan Alat

Perancangan secara keseluruhan menunjukkan hubungan atau pengkabelan antara satu komponen dengan yang lainnya. Gambaran *wiring* antar komponen dapat dilihat pada gambar 3.5

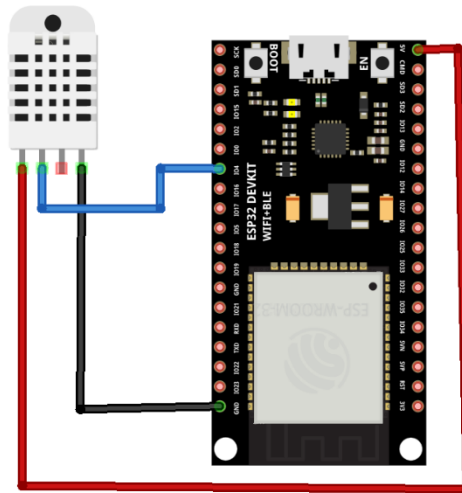


Gambar 3. 5 Wiring antar komponen

Pada gambar 3.5 menjelaskan bahwa antar komponen berhubungan secara keseluruhan yang dirancang untuk menjadi sebuah sistem pemantau proses fermentasi *eco enzyme*. Dengan deskripsi *wiring* antarkomponen sebagai berikut:

1. Hubungan antara sensor DHT22 dengan ESP32
 - VCC pada Sensor DHT22 dihubungkan pada VIN pada ESP32
 - GND pada sensor DHT22 dihubungkan pada GND pada ESP32
 - OUT Sensor DHT22 dihubungkan dengan GPIO4 pada ESP32

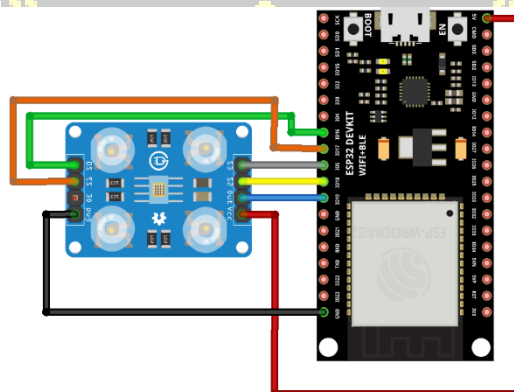
Gambar pengkabelan antara Sensor DHT22 dan ESP32 dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3. 6 wiring antara sensor DHT22 dan ESP32

2. Hubungan antara Sensor Warna TCS230 dengan ESP32
 - VCC pada Sensor TCS230 dihubungkan dengan VIN pada ESP32
 - OUT pada Sensor TCS230 dihubungkan dengan GPIO19 pada ESP32
 - S0 pada sensor TCS230 dihubungkan dengan GPIO16 pada ESP32
 - S1 pada Sensor TCS230 dihubungkan dengan GPIO17 pada ESP32
 - S2 pada sensor TCS230 dihubungkan dengan GPIO18 pada ESP32
 - S3 pada sensor TCS230 dihubungkan dengan GPIO5 pada ESP32

Gambar pengkabelan antara Sensor TCS230 dengan ESP32 dapat dilihat pada gambar 3.7

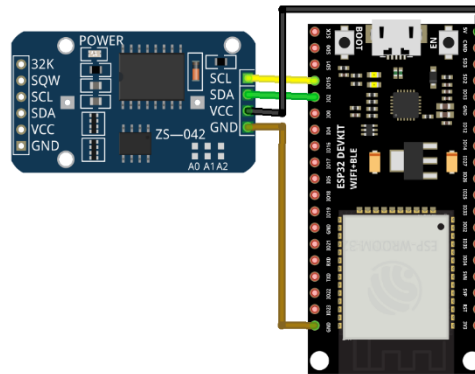


Gambar 3. 7 wiring Sensor Warna TCS230

3. Hubungan antara RTC DS3231 dengan ESP32

- Pin SCL pada RTC DS3231 dihubungkan dengan GPIO22 pada ESP32
- Pin SDA pada RTC DS3231 dihubungkan dengan GPIO21 pada ESP32

Gambar pengkabelan antara modul RTC DS3231 dan ESP32 dapat dilihat pada gambar 3.8

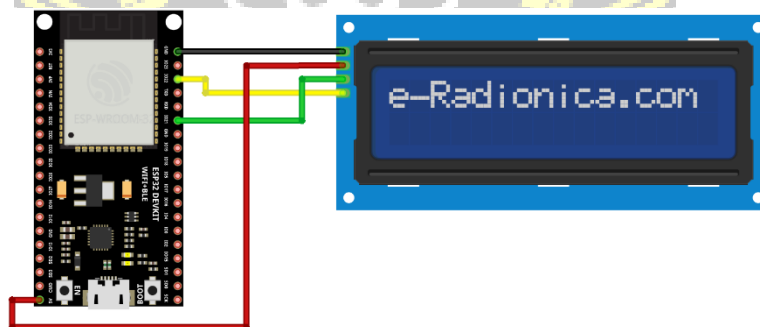


Gambar 3. 8 Wiring RTC DS3231

4. Hubungan antara LCD dengan ESP32

- Pin SCL pada LCD monitor dihubungkan dengan pin GPIO22 pada ESP22
- Pin SDA pada LCD monitor dihubungkan dengan pin GPIO21 pada ESP32

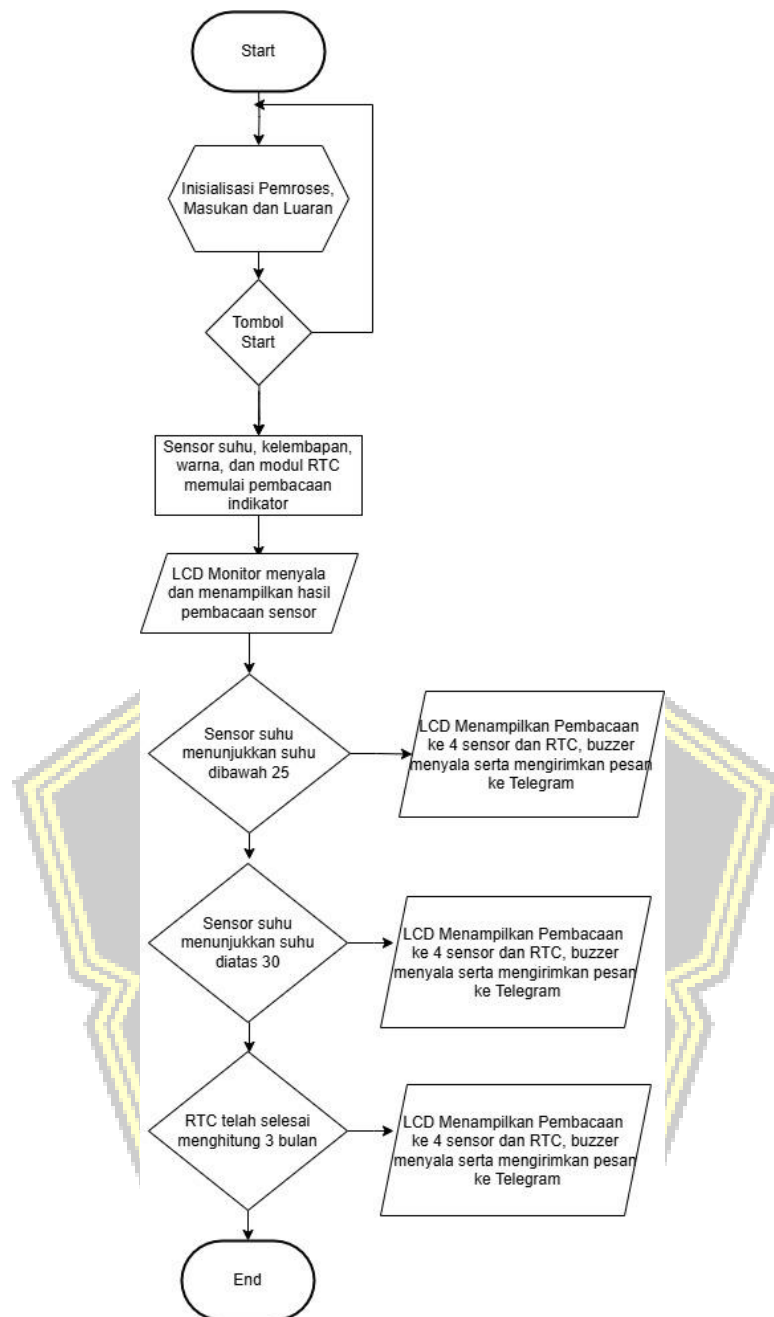
Gambar pengkabelan antara LCD monitor dan ESP dapat dilihat pada gambar 3.9



Gambar 3. 9 wiring LCD Monitor

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahap pembuatan perangkat lunak dimulai dengan pembuatan diagram alir kerja program yang akan diterapkan pada sistem. Kemudian program pada proses yaitu ESP32 dibuat menggunakan aplikasi Arduino IDE.



Gambar 3.10 Diagram Alir Program

3.3.1 Perancangan Program

Perancangan program ini digunakan untuk memerintakan perangkat keras untuk menjalankan sistem sesuai dengan apa yang telah diperintahkan.

```

#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <WiFi.h>

```

```

RTC_DS3231 rtc;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
const char* ssid = "your_SSID";
const char* password = "your_PASSWORD";

#define START_BUTTON 2
#define STOP_BUTTON 3
#define BUZZER_PIN 4
#define S0 5
#define S1 6
#define S2 7
#define S3 8
#define OUT 9

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("RTC not found!");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("RTC Error!");
    while (1);
  }
  if (rtc.lostPower()) rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__),
F(__TIME__)));
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) delay(1000);
  lcd.init(); lcd.backlight(); lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Initialize");
  pinMode(START_BUTTON, INPUT_PULLUP);
  pinMode(STOP_BUTTON, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
  pinMode(S0, OUTPUT); pinMode(S1, OUTPUT); pinMode(S2,
OUTPUT);
  pinMode(S3, OUTPUT); pinMode(OUT, INPUT);
  digitalWrite(S0, HIGH); digitalWrite(S1, LOW);
}

void loop() {}

```

Program diatas digunakan untuk mengkonfigurasi antara pin ESP32 dan pin sensor suhu dan kelembapan, sensor warna, dan RTC sebagai penghitung waktu. Nantinya *set up program* ini digunakan sebagai pemanggil *library* untuk mendukung komunikasi semua komponen.

```

void stopHandler() {
  lcd.setCursor(1, 0); lcd.print(getDateTime());
  lcd.setCursor(2, 1); lcd.print("Press START!");
  Serial.println("System reset");
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
}

```

```

}

String getDateTIme() { return rtc.now().toString(buf2); }

void pauseHandler() {
    lcd.setCursor(1, 0); lcd.print(getDateTIme());
    lcd.setCursor(5, 1); lcd.print("Paused");
    Serial.println("Paused");
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
}

void runningHandler() {
    temp = dht.readTemperature(); hum = dht.readHumidity();
    dtNow = rtc.now();
    if(dtNow >= future) { isRunning = false; isPaused =
isStateChange = true; }
    lcd.setCursor(0, 0); slide1 ? displayTemperature() :
displayColor();
    if(millis() - last_slide > 2000) { slide1 = !slide1;
lcd.clear(); last_slide = millis(); }
    checkTemperature();
}

void displayTemperature() {
    if (isnan(temp) || isnan(hum)) lcd.print("Sensor Error");
    else { lcd.print("Temp: "); lcd.print(temp, 1);
lcd.print("C");
        lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Hum: ");
lcd.print(hum, 1); lcd.print("%"); }
}

void displayColor() {
    lcd.print("Color: "); lcd.print(readColor());
    lcd.setCursor(0, 1);
    cDelta = future - dtNow;
    lcd.print("CD: "); lcd.print(cDelta.days()); lcd.print("d
");
    lcd.print(cDelta.hours()); lcd.print("h");
    lcd.print(cDelta.minutes()); lcd.print("m");
}

void checkTemperature() {
    if (temp < minTemp) handleLowTemp();
    else if (temp > maxTemp) { digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
sendAlert("High Temp!"); }
    else digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
}

void handleLowTemp() {
    if(millis() - lastBuzz >= intBuzz){ lastBuzz = millis();
buzzerState = !buzzerState;

```

```

        digitalWrite(BUZZER_PIN, buzzerState ? HIGH : LOW); }
        sendAlert("Low Temp!");
    }

    void sendAlert(String msg) {
        if (millis() - lastChat >= intChat) { lastChat = millis();
        sendTelegramMessage(msg); }
    }

    String readColor() {
        digitalWrite(S2, LOW); digitalWrite(S3, LOW); int r =
        pulseIn(OUT, LOW);
        digitalWrite(S2, HIGH); digitalWrite(S3, HIGH); int g =
        pulseIn(OUT, LOW);
        digitalWrite(S2, LOW); digitalWrite(S3, HIGH); int b =
        pulseIn(OUT, LOW);
        if (r > 15000 && g > 15000 && b > 15000) return "Clear";
        if (r < g && g > b) return "Yellow";
        if (r > b && g < r) return "Brown";
        Serial.printf("R:%d G:%d B:%d\n", r, g, b);
        return "Undefined";
    }

    void sendTelegramMessage(String msg) {
        Serial.println(bot.sendMessage(CHAT_ID, msg, "")) ? "Sent!"
        : "Failed!";
    }

```

Pada program di atas digunakan untuk mengelola perangkat yang memiliki beberapa fungsi seperti membaca suhu dan kelembapan, mendeteksi warna, menampilkan waktu dan memberikan notifikasi melalui buzzer dan telegram. Dalam program ini juga ditetapkan fungsi sensor suhu dan kelembapan, sensor warna, RTC, kapan buzzer dan pesan ke aplikasi telegram akan menyala dan dikirimkan, serta apa saja yang akan ditampilkan dalam LCD.

```

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <Wire.h>
#include <RTCLib.h>
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT22
#define START_BUTTON 33
#define STOP_BUTTON 25
#define pressed LOW
#define BUZZER_PIN 32

const char* ssid = "Pluto";
const char* password = "110fwahidin";

```

```

const String BOT_TOKEN = "7713957816:AAF-5FF31lvR0hkesq1-
uTIZ1R609T8kWTw";
const String CHAT_ID = "855269064";

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(BOT_TOKEN, client);
RTC_DS3231 rtc;

bool isRunning = false, isPaused = true;
DateTime future, dtNow, dtStart;
TimeSpan dtDelta;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  dht.begin();
  setup_lcd();
  setup_rtc();
  setup_pin();
  setup_inet();
  lcd.clear();
}

void loop() {
  if (digitalRead(START_BUTTON) == pressed) startHandler();
  if (digitalRead(STOP_BUTTON) == pressed) stopHandler();
  lcd.clear();
  isRunning ? (isPaused ? pauseHandler() : runningHandler())
: stopHandler();
}

void startHandler() {
  delay(200);
  isRunning = !isPaused;
  dtStart = rtc.now();
  future = isPaused ? dtStart + dtDelta : dtStart +
TimeSpan(0, 0, 0, 30);
  isPaused = !isPaused;
}

void stopHandler() {
  delay(200);
  isRunning = false;
  isPaused = true;
  lcd.clear();
}

```

Program di atas merupakan program keseluruhan yang digunakan dalam penelitian ini. Dalam program diatas terdapat berbagai *library* yang digunakan, didefinisikan pula pengendali logika yang digunakan. Program di atas pula

menjelaskan apa yang harus dilakukan oleh sistem ketika tombol *start* ditekan dan tombol *stop* ditekan.



BAB IV

HASIL PERANCANGAN DAN PENGUJIAN

4.1 Hasil Perancangan

Berikut adalah hasil sistem pemantau kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi *eco enzyme*.

4.1.1 Hasil Perancangan Fermentor *Eco Enzyme*

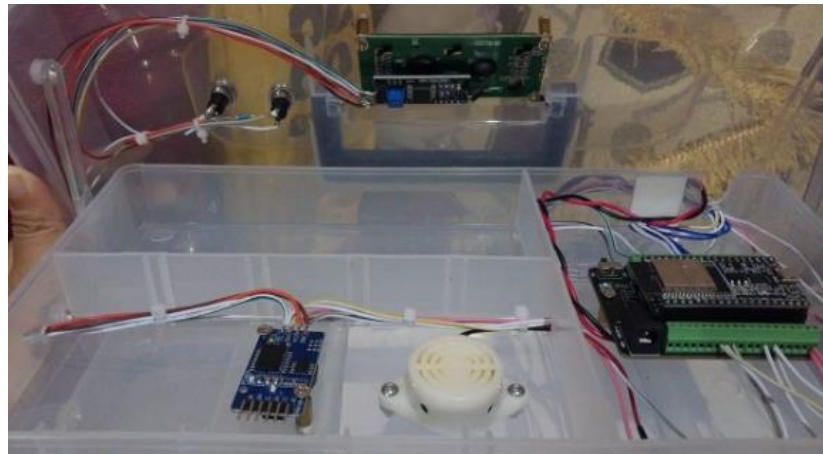
Desain sistem pemantau suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi *eco enzyme* terbuat dari *box container* berbentuk balok dengan tinggi 35 cm, lebar 18 cm dan Panjang 16 cm. Tampilan secara keseluruhan sistem pemantau suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi *eco enzyme* dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu, Kelembapan, Warna, Dan Waktu Pada Proses Fermentasi *Eco Enzyme*

4.1.2 Hasil Perancangan Kontroler

Pada bagian kontroler berfungsi sebagai pengatur semua sistem pemantau proses fermentasi *eco enzyme*. Bagian kontroler pada sistem ini terletak di bagian atas atau di tutup *box container* agar sensor dapat mendeteksi parameter secara maksimal dan memudahkan pula dalam melakukan *troubleshooting*. Untuk tampilan kontroler sendiri dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Tampilan kontroler sistem pemantau proses fermentasi eco enzyme

Gambar 4.2 menunjukkan perancangan kontroler sistem pemantau proses fermentasi *eco enzyme*. Terlihat bahwa ESP32 yang digunakan sebagai pemroses atau kontroler utama dan satu satunya terhubung dengan beberapa sensor yaitu sensor suhu dan kelembapan DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan di dalam fermentor, sensor warna TCS2300 yang digunakan untuk mendeteksi warna cairan di dalam fermentor, dan RTC DS3231 yang digunakan untuk menghitung mundur waktu yang telah ditentukan (3 bulan) yang dapat dilihat pada modul LCD I2C sebagai penampil data dari pembacaan sensor.

4.1.3 Hasil Perancangan Perangkat *Internet of Things*

Pada bagian perancangan perangkat *internet of things* pada alat ini berfungsi untuk mengirimkan pesan apabila suhu telah melewati batas yang telah ditentukan, yaitu suhu berada dibawah 25°C atau berada diatas 30°C. Sehingga dengan dikirimkannya pesan anomali suhu tersebut pemakai alat dapat mengetahui perubahan suhu secara waktu nyatadan dapat memindahkan alat ke tempat dengan suhu yang lebih baik. Gambar 4.3 merupakan gambar tampilan yang akan diterima saat alat mengirimkan pesan melalui aplikasi Telegram.



Gambar 4. 3 Tampilan pada Aplikasi Telegram

4.2 Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui apakah sistem pemantau proses fermentasi *eco enzyme* ini berjalan dengan baik dan rangkaian sudah terintegrasi dengan benar sehingga sistem ini dapat berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengukur suhu, kelembapan, dan warna.

4.2.1. Pengujian Sensor DHT22

Pengujian suhu dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata dari hasil yang telah didapat sensor dalam 3 waktu pengujian. Sedangkan pengujian kelembapan dilakukan dengan mencatat hasil kelembapan yang telah diambil oleh sensor

selama 2 hari penuh Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk menguji suhu dan kelembapan:

1. Sistem pemantau proses fermentasi *eco enzyme* sebagai alat untuk diuji
2. Thermometer dan hygrometer sebagai alat pembanding suhu dan kelembapan
3. Bahan dengan berbagai suhu sebagai media pengukur
4. Hasil tertera pada LCD yang telah terpasang pada alat
5. Hasil yang telah diperoleh dapat dicatat

Berikut adalah hasil pengujian respon sensor suhu DHT22 yang telah dibandingkan dengan alat konvensional, dapat dilihat di dalam tabel 4.1 untuk hasil pengujian parameter suhu dan tabel 4.2 untuk hasil pengujian sensor DHT22 dengan parameter kelembapan

Tabel 4.1 Hasil pengujian respon suhu DHT22

Pengukuran ke-n (°C)	Suhu pada Termometer 25 °C	Suhu pada Termometer 30 °C	Suhu pada Termometer 35 °C	Suhu pada Termometer 40 °C
1	25	30.1	34.9	39.9
2	25.3	30.0	35.0	40.2
3	25.1	30.2	35.5	40.1
Rata Rata	25.13	30.10	35.13	40.07
Deviasi Rata rata	0.11	0.10	0.24	0.11
Akurasi	99.48%	99.67%	99.63%	99.83%
Error	0.52%	0.33%	0.37%	0.17%

Hasil pengukuran di atas menunjukkan bahwa hasil pembacaan suhu DHT22 bekerja dengan baik dengan tingkat presisi diatas 99%. Contoh perhitungan nilai deviasi dari pengukuran di atas dapat diperoleh dengan menggunakan rumus pada persamaan (1). Pada pengukuran suhu 25 °C didapatkan nilai pengukuran rata-ratanya sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{25+25.30+25.1}{3}$$

$$\bar{x} = 25.13 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Setelah mendapatkan nilai rata rata, maka dapat dicari nilai deviasi setiap pengukuran dengan menggunakan persamaan (2). Nilai deviasi dari percobaan pengukuran suhu 25 °C didapatkan dengan perhitungan seperti dibawah ini:

$$d_1 = |25 - 25.13|$$

$$d_1 = |-0.13|$$

$$d_1 = 0.13$$

Setelah mendapatkan perhitungan deviasi setiap percobaan pengukuran, maka dapat dilanjutkan dengan mencari deviasi rata rata dari semua pengukuran dengan menggunakan persamaan (3). Pada pengukuran suhu 25 °C diperoleh deviasi rata rata sebesar 0.11 dengan perhitungan seperti dibawah ini:

$$D = \frac{0.13+0.17+0.03}{3}$$

$$D = 0.11$$

Jika dibandingkan dengan alat pengukur suhu konvensional, maka dapat dianalisa tingkat akurasi pembacaan suhu dengan persamaan (4). Dengan persamaan (4) tersebut dapat dicari pada nilai akurasi pada suhu 25 °C dengan perhitungan seperti berikut:

$$Akurasi = 100\% - \left[\frac{|25-25.13|}{25} \times 100\% \right] = 99.48\%$$

Sedangkan untuk penghitungan eror pada suhu 25°C dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini dengan menggunakan persamaan (5)

$$Error \text{ rata - rata} = \left[\frac{|25-25.13|}{25} \times 100\% \right] = 0.52\%$$

Dengan perhitungan di atas diperoleh nilai deviasi rata-rata pada persamaan (3) [12] saat suhu 25 °C dan 30 °C secara berurutan adalah 0.11 dan 0.10, begitu pula pada percobaan dengan suhu 35 °C dan 40 °C didapatkan nilai deviasi rata-rata secara berurutan 0.24 dan 0.11. Dari semua percobaan didapatkan nilai deviasi rata-rata yang relative sama [13]. Mengacu pada persamaan (4), pada suhu 25 °C didapatkan nilai akurasi sebesar 99.48% dan pada persamaan (5) pada percobaan disuhu 25 °C didapatkan nilai eror sebesar 0.52%.

Tabel 4.2 Hasil pengujian respon kelembapan DHT22

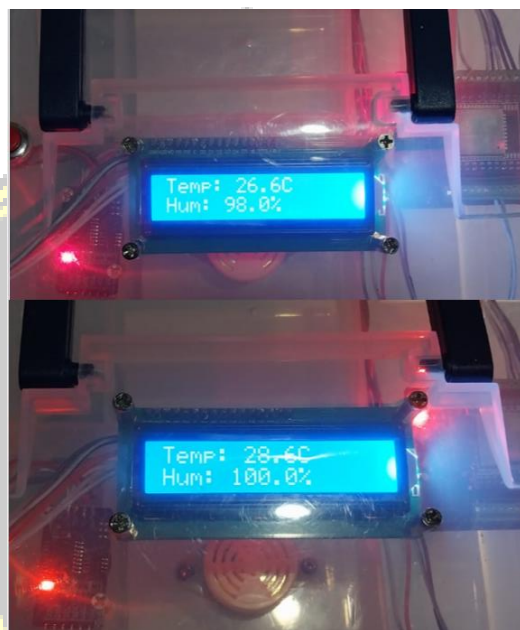
No	Waktu	Sistem Tugas Akhir	Kelembapan pada hygrometer	Eror
1.	Kamis 12 Februari 2025 Pukul 07.33	100.0%	100.0%	0%
2.	Kamis 12 Februari 2025 Pukul 11.40	100.0%	100.0%	0%
3.	Kamis 12 Februari 2025 Pukul 16.22	100.0%	100.0%	0%
4.	Kamis 12 Februari 2025 Pukul 22.06	100.0%	100.0%	0%
5.	Kamis 13 Februari 2025 Pukul 08.35	100.0%	100.0%	0%
6.	Kamis 13 Februari 2025 Pukul 12.35	100.0%	100.0%	0%
7.	Kamis 13 Februari 2025 Pukul 17.25	100.0%	100.0%	0%
8.	Kamis 13 Februari 2025 Pukul 21.16	98.0%	100.0%	2%
Eror Rata Rata				0.25%
Deviasi Rata-Rata				0.03
Akurasi				99.75%

Dari tabel pengukuran di atas terlihat bahwa nilai deviasi rata-rata yang didapatkan adalah 0.03 dengan metode yang digunakan sama dengan persamaan (1), (2) dan (3). Pada tabel juga terlihat bahwa nilai akurasi yang didapatkan adalah 99.75% dan nilai eror rata-ratanya 0.25% yang didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan (4) dan (5).

Gambar 4.4 adalah gambar hasil pengukuran suhu dan Gambar 4.5 adalah gambar hasil pembacaan kelembapan yang dibandingkan.



Gambar 4. 4 Hasil Pengukuran Suhu



Gambar 4. 5 Hasil Pengukuran Kelembapan

4.2.2. Pengujian Sensor Warna TCS230

Pada tahap pengujian ini dilakukan dengan beberapa jenis tingkat warna cairan sehingga dapat diketahui apakah sensor warna bekerja dengan baik atau tidak. Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk menguji sensor warna TCS230:

1. Cairan berbagai warna yang disiapkan untuk menguji sensor
2. Sistem pemantau proses fermentasi *eco enzyme* sebagai alat untuk diuji
3. Hasil tertera pada LCD yang telah terpasang pada alat
4. Hasil yang telah diperoleh dapat dicatat

Hasil pengujian respon sensor warna TCS230 dapat dilihat dalam tabel 4.3

Tabel 4. 3 Hasil pengujian sensor warna TCS230

No	Warna Cairan	Sistem Tugas Akhir	Sistem Tugas Akhir	Sistem Tugas Akhir	Sistem Tugas Akhir	Akurasi
1.	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	100%
2.	Yellow	Clear	Yellow	Undifined	Yellow	50%
3.	Brown	Undifined	Brown	Brown	Brown	75%
Rata Rata akurasi						75%

Untuk mencari akurasi yang didapatkan oleh alat dapat dicari dengan persamaan (4). untuk akurasi pada percobaan dengan cairan berwarna *yellow* didapatkan dengan perhitungan seperti dibawah:

$$Akurasi = \left[\frac{|4-2|}{4} \times 100\% \right]$$

$$Akurasi = 50\%$$

Pada pengujian warna ini, sensor dalam sistem pemantau proses fermentasi *eco enzyme* ini dapat mendeteksi cairan *clear* dengan akurasi 100%. Namun, saat sensor diuji menggunakan cairan berwarna sedikit *yellow* yang mempresentasikan cairan *eco enzyme* berusia kurang lebih 1 sampai 2 bulan, sistem mampu mendeteksi warna cairan dengan akurasi 50% dengan pencarian akurasi dengan persamaan (4). Saat diuji dengan cairan berwarna *brown* sistem mampu mendeteksi warna dengan akurasi 75%. Saat sistem mendeteksi cairan berwarna *yellow* dan *brown* dengan 4 kali percobaan yang dilakukan, sistem mampu membaca 3 kali benar sehingga mendapatkan akurasi 75%. Kesalahan pembacaan ini bisa disebabkan karena pencahayaan, saat pencahayaan di dalam ruangan kurang, dapat mempengaruhi sensor dalam proses pembacaan. Gambar 4.6 adalah gambar pengujian sensor warna TCS230 dengan menggunakan beberapa tingkat kegelapan cairan.



Gambar 4. 6 Pengujian Sensor Warna TCS230

Gambar 4.7 adalah beberapa warna cairan yang digunakan dalam proses pengujian sensor warna.



a) Cairan berwarna *brown* yang difoto dengan *flash*



b) cairan Cairan berwarna *brown* yang difoto tanpa *flash*



b) Cairan berwarna *yellow*



d) Cairan berwarna *clear*

Gambar 4. 7 warna cairan yang digunakan untuk pengujian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

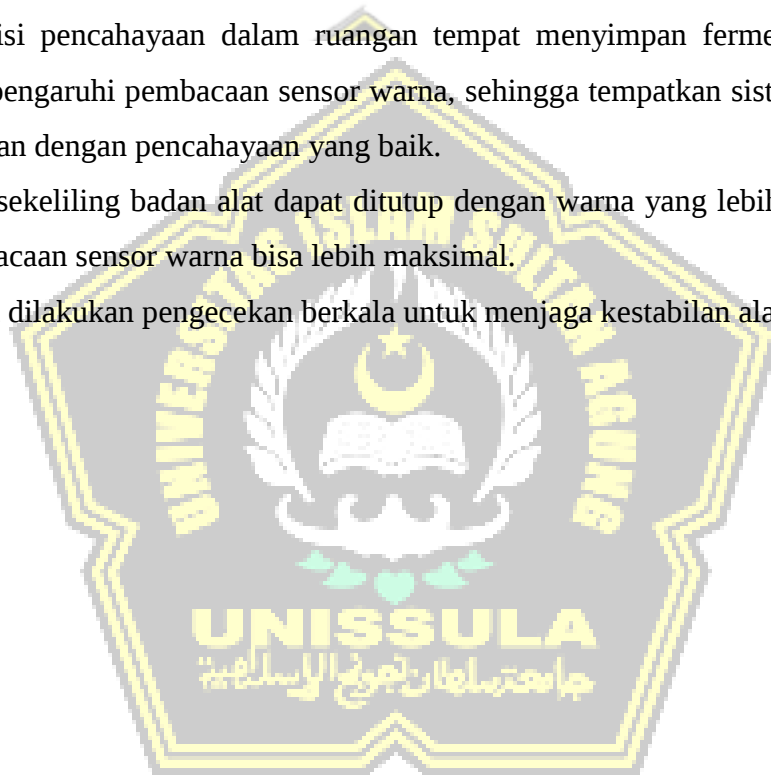
Setelah dilakukan pengujian terhadap sistem yang dirancang, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Suhu, Kelembapan, Warna dan Waktu Pada Proses Fermentasi *Eco Enzyme* dibuat menggunakan kotak plastik yang dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembapan sensor warna, dan RTC sebagai masukan, ESP32 sebagai pemroses, serta LCD Monitor dan notifikasi dari aplikasi telegram sebagai keluaran.
2. Sistem pemantau suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi *eco enzyme* ini bekerja dengan semestinya dengan melalui proses pengujian yang telah dilakukan. Akurasi yang didapatkan pada saat pengujian suhu menunjukkan hasil diatas 99%, akurasi saat pengujian kelembapan juga menunjukkan hasil lebih dari 99% sedangkan akurasi dalam pembacaan warna sebesar 75%.
3. Sensor warna yang digunakan pada alat ini beberapa kali mendeteksi warna yang salah. Dari 12 percobaan yang dilakukan alat ini mampu mendeteksi 9 kali benar, sehingga mendapatkan akurasi rata-rata sebesar 75%. Terjadinya kesalahan pembacaan warna dapat terjadi saat berada diruangan dengan tingkat pencahayaan yang kurang sehingga dapat mempengaruhi sensor kurang benar dalam mendeteksi warna
4. Performa dari *broadcast message* sendiri berhasil dikirimkan dari aplikasi telegram sesuai dengan tampilan informasi yang dibutuhkan yaitu keadaan suhu, pembacaan, suhu, pembacaan kelembapan, serta warna.

5.2 Saran

Dari pelaksanaan tugas akhir “Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu, Kelembapan, Warna, Dan Waktu Pada Proses Fermentasi *Eco Enzyme*”, dapat diambil saran sebagai berikut:

1. Alat yang telah dibuat yaitu rancang bangun sistem monitoring suhu, kelembapan, warna, dan waktu pada proses fermentasi *eco enzyme* memiliki kontroler dan cairan yang terletak di dalam satu wadah yang sama sehingga perlu berhati hati agar tidak terjadi konsleting.
2. Kondisi pencahayaan dalam ruangan tempat menyimpan fermentor sangat mempengaruhi pembacaan sensor warna, sehingga tempatkan sistem ini pada ruangan dengan pencahayaan yang baik.
3. Pada sekeliling badan alat dapat ditutup dengan warna yang lebih gelap agar pembacaan sensor warna bisa lebih maksimal.
4. Dapat dilakukan pengecekan berkala untuk menjaga kestabilan alat.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2024. [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>.
- [2] S. A. R. Aditias Hermawan, "ECO ENZYME Cairan Alami Dengan Sejuta Manfaat Dari Sampah Organik," in *ECO ENZYME Cairan Alami Dengan Sejuta Manfaat Dari Sampah Organik*, Depok, Universitas Indonesia, 2021, pp. 47-49.
- [3] L. V. d. M. N. Cherekar, "PRODUCTION, EXTRACTION AND USES OF ECO-ENZYME USING CITRUS FRUIT WASTE: WEALTH FROM WASTE," *Global Science Publications*, 2020.
- [4] D. Putri, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan pada Inkubator Fermentasi Tempe Menggunakan Thingier.io," *Jurnal Elektro Kontrol (ELKON)*, 2023.
- [5] S. N. Vinanjana, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan pH Berbasis Iot pada Proses Fermentasi Anaero Kopi Arabika Argopuro," *Universitas Jember*, 2023.
- [6] S. P. S. E. N. Maulana Fahar Maheswara, "Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu Menggunakan Sensor Ds18b20 Dan Pengaduk Otomatis Pada Proses Fermentasi Kakao," *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, 2023.
- [7] R. D. Agustin, "Sistem Monitoring Suhu Penyimpanan Dan Waktu Fermentasi Pada Kematangan Tape Ubi Jalar Berbasis Internet Of Things," *POLITEKNIK NEGERI JEMBER*, 2023.
- [8] Y. F. M. W. Atha Ezrafia, "Sistem Monitoring Biodigester Berbasis Arduino Nano," *Jurnal Ilmiah Teknik*, 2023.
- [9] Quadratika, "Pengembangan Sistem Monitoring Real-Time Fermentasi Kopi Pada Bioreaktor Berbasis Arduino Mega 2560 Untuk Parameter Suhu Dan Kelembaban," *Universitas Brawijaya*, 2021.
- [10] R. H. B. Setiarto, "Teknologi Fermentasi Pangan Tradisional dan Produk Olahannya," in *Teknologi Fermentasi Pangan Tradisional dan Produk Olahannya*, Guepedia, 2020, p. 8.
- [11] T. R. F. P. Viana Meilani Prasetyo, "Manfaat Eco-Enzyme pada Lingkungan Hidup serta Workshop Pembuatan Eco-Enzyme," *Darmacitya*, vol. 1, p. 101, 2021.

- [12] E. N. B. Muhammad Khosyi'in, "Prototipe Sistem Kunci Pintar Kendaraan Menggunakan Teknologi RFID dan Bluetooth," *Seminar Nasional AVoER X 2018*, p. 536, 2008.
- [13] M. K. A. S. Guntur Noor Fadhly, "Rancang Bangun Pemantauan Jarak Jauh Suhu dan Kelembaban Udara Kandang Anak Ayam Berbasis Arduino Uno Dan Borland Delphi 7.0," *Prosiding Seminar Nasional Konstelasi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA 5 (KIMU 5)*, pp. 6-7, 2021.
- [14] M. Khosyi'in, "Bahan Ajar Pengukuran dan Alat Ukur Listrik," 2014.
- [15] S. A. Purwoko, "Hallo Sehat," 24 Agustus 2023. [Online]. Available: <https://hellosehat.com/sehat/informasi-kesehatan/eco-enzyme/>.
- [16] S. N. TTeodora Dasilva and E. F. P. P. K. Mega Kasmiyatun, "Optimasi Waktu Reaksi dan pH terhadap Peningkatan Yield Eco Enzyme," *Jurnal Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih*, p. 104, 2024.
- [17] R. w. N. Q. Maulana Kussuma Negara, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING GAS ALKOHOL PADA FERMENTASI KETAN BERBASIS SENSOR TGS 2620," *ORBITA. Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 2020.
- [18] G. N. U. D. E. N. S. L. C. Devi Nur Anisa, "Pembuatan Eco Enzyme Sebagai Hand Sanitizer Dalam Upaya Pencegahan Covid-19 Bagi Warga SMPN 2 Sekampung," *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT TABIKPUN*, 2022.
- [19] S. Dani Sasmoko, *Arduino dan Sensor pada Project Arduino*, Yayasan Prima AgusTeknik, 2019.
- [20] M. Geddes, *Arduino Project Handbook 25 Practical Projects to Get You Started*, William Pollock, 2016.