

PERANCANGAN SISTEM KONTROL INTENSITAS CAHAYA, SUHU DAN KELEMBABAN PADA PEMBUDIDAYA MAGGOT MENGUNAKAN METODE *WATERFALL* BERBASIS *IOT* DAN *MOBILE*

Ahmad Rufa'i¹, Rifki Hidayatullah², Adith Aulia Rahman³

Program Studi Informatika, Universitas Primagraha
Komplek Griya Gemilang Sakti, Jl. Trip Jamaksari Nomor 1A, Kaligandu, Kec. Serang, Kota
Serang, Banten 42111

Email: rifkihidayatullah926@gmail.com, arufai936@gmail.com dan
adithauliarahman@gmail.com

Abstract

Maggot cultivation is one of the sustainable alternatives for organic waste management; however, its success is highly dependent on the stability of environmental parameters, particularly temperature and humidity. Manual control of these parameters tends to be inconsistent and inefficient. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based automatic temperature and humidity control system for maggot cultivation using the Waterfall development method. The research stages include requirement analysis, system design, hardware and software implementation, system testing, and evaluation. The system is developed using a NodeMCU ESP8266 as the main controller, a DHT22 sensor for temperature and humidity measurement, and a four-channel relay to control heating lamps, cooling fans, and water pumps. Real-time monitoring and control are performed through the Blynk mobile application, while environmental data are automatically recorded using Google Spreadsheet. System testing consists of sensor accuracy testing, actuator functional testing, and system stability testing. The test results show that the DHT22 sensor has an average measurement error of ± 0.5 °C for temperature and ± 2.1 %RH for humidity. The system is able to maintain temperature within the optimal range of 27–32 °C and humidity between 60–70% consistently, with a 100% success rate in data transmission and logging during the testing period. The implementation of this system improves environmental stability in maggot cultivation, enhances operational efficiency, and provides reliable monitoring data to support decision-making.

Keywords: Automatic control system, Blynk, Google Spreadsheet, IoT, Maggot Cultivation

Abstrak

Budidaya maggot merupakan salah satu alternatif pengelolaan sampah organik yang berkelanjutan, namun keberhasilannya sangat dipengaruhi oleh kestabilan suhu dan kelembaban lingkungan. Pengendalian parameter tersebut secara manual cenderung tidak konsisten dan kurang efisien. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis suhu dan kelembaban berbasis *Internet of Things* pada budidaya *maggot* menggunakan metode *Waterfall*. Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian, serta evaluasi sistem. Sistem dikembangkan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama, sensor DHT22 sebagai pengukur suhu dan kelembaban, serta relay 4 channel untuk mengendalikan lampu

pemanas, kipas, dan pompa. Monitoring dan pengendalian dilakukan secara *real time* melalui aplikasi Blynk, sedangkan pencatatan data lingkungan dilakukan secara otomatis menggunakan Google Spreadsheet. Pengujian sistem meliputi uji akurasi sensor, uji fungsional perangkat kendali, dan uji kestabilan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki rata-rata galat pembacaan suhu sebesar $\pm 0,5$ °C dan kelembaban $\pm 2,1$ %RH. Sistem mampu menjaga suhu pada rentang 27–32 °C dan kelembaban 60–70 % secara stabil, serta berhasil melakukan pengiriman dan pencatatan data dengan tingkat keberhasilan 100% selama pengujian. Penerapan sistem ini meningkatkan kestabilan lingkungan budidaya, efisiensi operasional, dan ketersediaan data monitoring yang mendukung pengambilan keputusan.

Kata kunci: Blynk, Budidaya *Maggot*, *Internet of Things*, Sistem kontrol otomatis, Google Spreadsheet

PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi di Indonesia, baik di wilayah perkotaan maupun di pedesaan, terus mengalami peningkatan. Kenaikan jumlah penduduk ini berdampak langsung pada meningkatnya kebutuhan konsumsi, termasuk kebutuhan pangan. Akibatnya, volume sampah, seperti sisa makanan yang membusuk, sayuran, serta buah–buahan yang telah mengalami fermentasi, juga turut meningkat. Jika tidak dikelola dengan tepat, sampah ini dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti bau tidak sedap yang berasal dari kandungan nitrogen dan senyawa ammonia. Selain mencemari udara, penguraian sampah yang tidak terkontrol juga berpotensi menghasilkan gas rumah kaca, seperti metana, yang berkontribusi terhadap perubahan iklim. Oleh karena itu, peningkatan jumlah sampah memerlukan perhatian dan respons dari berbagai sektor, termasuk dunia penelitian. Upaya pengelolaan yang inovatif dan berkelanjutan, seperti pemanfaatan teknologi biokonversi atau composting terkontrol, menjadi penting untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus mendukung praktik ekonomi sirkular (Diener et al., 2011).

Menurut data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN, 2024), sampah dari sisa makanan menyumbang 39,35% dari total timbulan sampah di Indonesia pada tahun 2024. Angka ini menunjukkan bahwa limbah makanan menjadi kontributor utama dalam komposisi sampah nasional. Di Provinsi Banten, proporsinya bahkan lebih tinggi, yaitu mencapai 49,13% pada tahun yang sama (SIPSN, 2024). Tingginya jumlah sampah, khususnya sisa makanan, mengindikasikan perlunya strategi pengelolaan yang lebih efektif, seperti pemanfaatan teknologi pengelolaan sampah atau pendekatan berbasis ekonomi sirkular. Data ini juga dapat menjadi dasar untuk pengembangan kebijakan daerah dalam pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan dan efisien.

Salah satu alternatif yang bagus untuk mengolah sampah adalah *maggot bsf*, atau lalat tentara hitam. Selain itu, *maggot bsf* yang dipanen dapat dimanfaatkan sebagai pakan bagi hewan ternak karena kandungan nutrisinya yang tinggi. Oleh karena itu, beberapa penelitian melakukan pengembangan teknologi *maggot*, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Salman et al. (2020).

Tahap larva dalam siklus hidup maggot *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan fase krusial karena pada tahap ini terjadi pertumbuhan biomassa secara maksimal dan aktivitas konsumsi bahan organik berlangsung paling intensif. Kualitas nutrisi maggot serta hasil panen sangat dipengaruhi oleh kestabilan parameter lingkungan, khususnya suhu dan kelembaban, yang berperan langsung terhadap laju metabolisme dan efisiensi konversi pakan larva (Lalander et al., 2015).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Putra, 2021) berfokus pada pemanfaatan lampu sebagai alat pengontrol suhu kandang maggot dengan dukungan sensor DHT22 sebagai media pemantauan suhu secara otomatis. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian tersebut masih terbatas pada pengendalian satu parameter lingkungan, yaitu suhu, dan belum

mengakomodasi pengaturan kelembaban secara aktif. Selain itu, mekanisme monitoring pada penelitian tersebut belum dilengkapi dengan pencatatan data historis yang terstruktur serta tidak mendukung pengendalian jarak jauh berbasis aplikasi *mobile*.

Penelitian ini mengembangkan sistem kontrol lingkungan budidaya *maggot Black Soldier Fly (BSF)* yang mencakup pengendalian suhu dan kelembaban secara terintegrasi. Sistem yang dirancang tidak hanya memanfaatkan sensor DHT22 sebagai alat monitoring, tetapi juga mengimplementasikan aktuator tambahan berupa kipas dan pompa untuk menjaga kelembaban kandang secara otomatis, sehingga tidak lagi bergantung pada penyemprotan air secara manual oleh peternak. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan fitur monitoring dan pengendalian *real time* melalui aplikasi *mobile* serta pencatatan data lingkungan secara otomatis berbasis cloud, yang memungkinkan analisis kondisi budidaya dalam jangka waktu tertentu.

Internet of things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung dalam satu jaringan untuk mengirim dan menerima data. Kemampuan ini memungkinkan *IoT* digunakan dalam berbagai sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan. Salah satu penerapannya adalah dalam budidaya *maggot Black Soldier Fly*, di mana perangkat *IoT* dapat digunakan untuk memantau parameter penting seperti suhu dan kelembaban secara *real-time*. Dengan data yang dikumpulkan secara otomatis dan terus menerus, pengelolaan lingkungan terhadap kandang dapat dilakukan secara lebih efisien dan responsive terhadap perubahan kondisi.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis suhu dan kelembaban pada budidaya larva *maggot Black Soldier Fly (BSF)* berbasis *Internet of Things (IoT)*. Sistem yang dikembangkan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama, sensor DHT22 sebagai perangkat pengukur suhu dan kelembaban, serta aktuator berupa relay, lampu pemanas, kipas, dan pompa untuk menjaga kondisi lingkungan budidaya secara otomatis.

Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan sistem dalam mempertahankan suhu dan kelembaban pada rentang optimal budidaya *maggot*, mengevaluasi akurasi pembacaan sensor DHT22, serta menilai keandalan sistem monitoring dan pencatatan data lingkungan secara *real time* melalui aplikasi *mobile* dan media penyimpanan berbasis cloud. Tujuan-tujuan tersebut dirumuskan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan mampu menggantikan metode pengendalian manual yang kurang efisien dan memberikan solusi pengelolaan lingkungan budidaya *maggot* yang lebih terukur dan konsisten.

METODE PENELITIAN

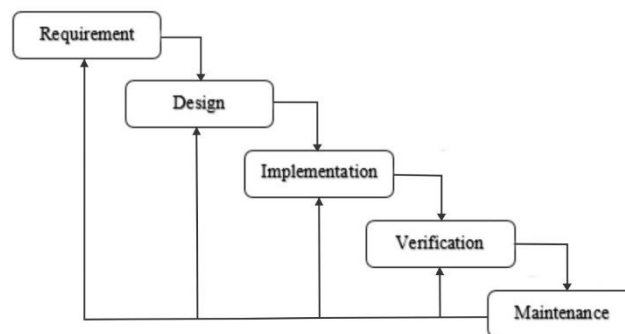
Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi, wawancara, dan studi literatur untuk memperoleh gambaran yang komprehensif terkait permasalahan dan kebutuhan sistem. Observasi dilakukan secara langsung di lokasi budidaya *maggot* yang berada di Tempat Pembuangan Sampah (TPS) Kamasan. Kegiatan ini bertujuan untuk memahami kondisi lingkungan fisik, alur kerja budidaya, serta mekanisme pengelolaan suhu dan kelembaban yang selama ini dilakukan secara manual. Hasil observasi memberikan data faktual mengenai karakteristik lingkungan budidaya yang menjadi dasar dalam penentuan parameter sistem kontrol yang dirancang.

Selain observasi, wawancara dilakukan secara langsung kepada pihak-pihak yang terlibat dalam kegiatan budidaya *maggot*, meliputi pengelola TPS, pembudidaya *maggot*, dan stakeholder lokal. Wawancara ini difokuskan pada penggalan informasi mengenai kebutuhan lingkungan ideal bagi pertumbuhan larva *maggot*, kendala yang dihadapi dalam pengendalian suhu dan kelembaban secara manual, serta persepsi dan kebutuhan pengguna terhadap penerapan sistem otomatis berbasis *Internet of Things*. Informasi yang diperoleh dari wawancara digunakan sebagai

acuan utama dalam perancangan fungsi sistem, pemilihan aktuator, serta pengembangan antarmuka monitoring berbasis perangkat *mobile*.

Studi literatur dilakukan dengan menelaah berbagai sumber ilmiah, seperti jurnal penelitian, buku referensi, dan dokumen teknis yang relevan. Kajian pustaka difokuskan pada penerapan teknologi *Internet of Things* di bidang pertanian dan peternakan, karakteristik budidaya *maggot* dan faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhannya, sistem kontrol otomatis berbasis sensor dan mikrokontroler, serta implementasi aplikasi *mobile* untuk monitoring lingkungan secara *real time*. Studi literatur ini berperan dalam memperkuat landasan teoritis dan teknis penelitian, sekaligus memastikan bahwa sistem yang dikembangkan mengacu pada pendekatan dan teknologi yang mutakhir.

Selain menggunakan metode pengumpulan data, penulis melakukan pengembangan sistem dengan metode *Waterfall*, atau yang dikenal juga sebagai *Linear Sequential Model*. Model ini merupakan pendekatan pengembangan perangkat lunak yang bersifat sistematis dan terstruktur. Tahapan *Waterfall* meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, serta evaluasi. Pendekatan ini memungkinkan setiap tahapan diselesaikan secara menyeluruh sebelum berlanjut ke tahap berikutnya, sehingga meminimalkan perubahan kebutuhan selama proses pengembangan. Meskipun tergolong pendekatan tradisional, *Waterfall* masih banyak digunakan dalam rekayasa perangkat lunak karena alur kerjanya yang linier, dimana setiap tahapan harus diselesaikan sepenuhnya sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya, tanpa kemungkinan untuk kembali ke tahap sebelumnya. Gambar 1 menunjukkan tahapan metode *Waterfall*.



Gambar 1 Tahapan Metode *Waterfall*

1. Analisis kebutuhan (*Requirement Analysis*)
Pada tahap awal ini, pengembang mengumpulkan dan menganalisis kebutuhan pengguna melalui metode seperti wawancara, survei, atau diskusi forum. Informasi ini menjadi dasar dalam menentukan fitur dan layanan yang akan dibangun pada sistem.
2. Desain Sistem (*Design*)
Berdasarkan kebutuhan yang telah dianalisis, sistem dirancang untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai struktur dan tampilan sistem, termasuk spesifikasi teknis seperti perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan.
3. Implementasi (*Implementation*)
Tahapan ini berfokus pada pengkodean sistem berdasarkan desain yang telah dibuat. Pengembangan dilakukan dalam bentuk modul-modul kecil, yang masing-masing diuji secara terpisah untuk memastikan kesesuaian dengan spesifikasi fungsional.
4. Integrasi dan Pengujian sistem (*Integration and System Testing*)

Modul-modul yang telah dikembangkan kemudian diintegrasikan menjadi satu sistem utuh. Setelah itu dilakukan pengujian menyeluruh untuk memastikan bahwa seluruh fungsi berjalan sesuai harapan dan bebas dari kesalahan.

5. Pemeliharaan (*Maintenance*)

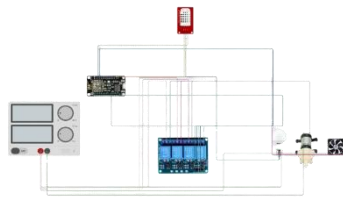
Setelah sistem dirilis dan digunakan oleh pengguna, dilakukan pemeliharaan secara berkala untuk memperbaiki bug, menyesuaikan sistem dengan kebutuhan baru, dan meningkatkan performa. Tahapan ini penting untuk menjaga keberlangsungan dan efektivitas sistem.

Proses budidaya maggot yang berlangsung di Tempat Pembuangan Sampah (TPS) Kamasan saat ini masih dilakukan secara konvensional. Pengendalian suhu dan kelembaban kandang dilakukan berdasarkan pengamatan subjektif peternak, seperti menggunakan indera perasa dan pengamatan visual terhadap kondisi media budidaya. Kelembaban lingkungan diperoleh secara alami dari sisa makanan berbasis sampah organik tanpa adanya mekanisme pengaturan yang terukur. Pemantauan kondisi lingkungan dilakukan secara berkala, namun tidak terjadwal dengan pasti dan sangat bergantung pada waktu luang serta pengalaman masing-masing peternak. Kondisi tersebut menyebabkan kestabilan suhu dan kelembaban sulit dipertahankan secara konsisten, sehingga berpotensi mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas larva *maggot*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan sistem merupakan tahap penting dalam proses pengembangan, karena menjadi landasan implementasi sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan permasalahan di lapangan. Dalam penelitian ini, perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan solusi yang akan dibangun dalam bentuk representasi visual. Menurut (Rufa'i & Ansori, 2022) *wiring diagram* merupakan representasi visual berupa skema yang menjelaskan hubungan antar komponen dalam suatu rangkaian pengkabelan secara detail.

Sistem ini bertujuan untuk mengontrol dan memantau suhu dan kelembaban lingkungan budidaya maggot menggunakan teknologi *Internet of Things* yang terhubung dengan *Mobile Smartphone*. Rangkaian koneksi antara NodeMCU ESP8266, sensor DHT22, serta modul relay yang mengendalikan lampu pemanas, kipas, dan pompa ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Perencanaan Perancangan Sistem

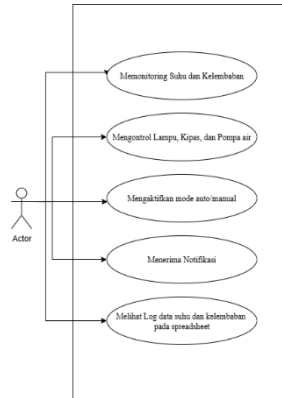
Sistem kontrol otomatis berbasis *Internet of Things* yang dikembangkan pada penelitian ini dirancang untuk mengatur suhu dan kelembaban pada proses budidaya larva *maggot* di Tempat Pembuangan Sampah Kamasan. NodeMCU ESP8266 berperan sebagai pengendali utama yang memproses data dari sensor DHT22. Sensor ini digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di dalam wadah budidaya. Data hasil pembacaan sensor kemudian dikirimkan melalui koneksi *Wi-Fi* menuju platform Blynk sehingga peternak dapat memantau kondisi lingkungan secara *real-time* melalui aplikasi *mobile*.

1. Pemodelan sistem

Pemodelan sistem dilakukan menggunakan *UML* (*Unified Modeling Language*), meliputi:

a. *Use Case Diagram*

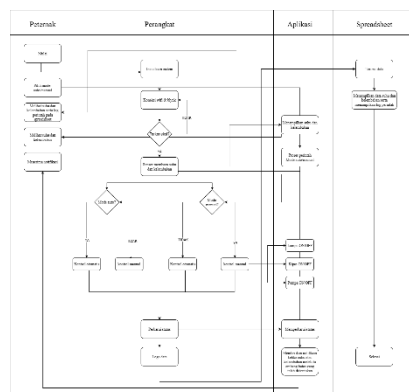
Use Case merepresentasikan interaksi antara aktor dan sistem dalam konteks penggunaan. *Use Case Diagram* digunakan untuk menggambarkan fungsionalitas yang diharapkan dari sistem. Gambar 3 menunjukkan *Use Case Diagram* untuk sistem monitoring dan kontrol suhu serta kelembaban pada budidaya *maggot*.



Gambar 3 *Use Case Diagram* Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu serta Kelembaban

b. Activity Diagram

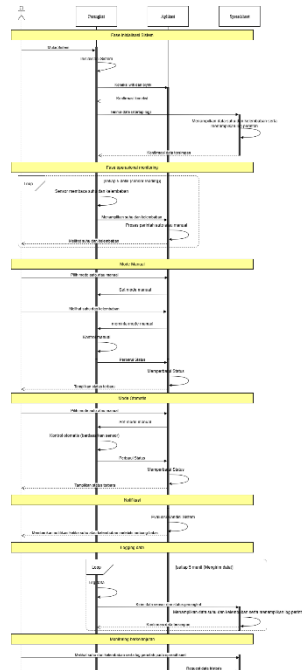
Activity diagram merupakan jenis khusus dari state diagram yang menampilkan alur perpindahan dari satu aktivitas ke aktivitas lainnya dalam suatu sistem, serta berfungsi untuk menganalisis proses yang terjadi. *Diagram* ini memudahkan pemahaman mengenai urutan kegiatan dan interaksi antar komponen sistem. Gambar 4 menunjukkan *activity diagram* dari sistem kontrol dan monitoring suhu serta kelembaban yang dirancang pada penelitian ini.



Gambar 4 *Activity Diagram* Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu serta Kelembaban

c. Sequence Diagram

Sequence diagram atau *diagram* sekuens merupakan representasi visual yang menggambarkan interaksi antar objek pada suatu *use case*, dengan menunjukkan waktu hidup (*lifespan*) setiap objek serta pesan yang dikirim dan diterima di antara objek-objek tersebut. *Diagram* ini digunakan untuk memodelkan urutan komunikasi secara kronologis sehingga alur proses dapat dipahami dengan lebih mudah. Gambar 5 menunjukkan *sequence diagram* untuk sistem kontrol dan monitoring suhu serta kelembaban yang telah dirancang pada penelitian ini.



Gambar 5 *Sequence Diagram* Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu serta Kelembaban

2. Implementasi dan Pengujian Sistem

a. Implementasi Sistem

Implementasi merupakan tahap penerapan perangkat keras dan perangkat lunak agar sistem berfungsi sesuai kebutuhan. Perangkat keras dirakit dan disusun sehingga dapat terintegrasi dengan perangkat lunak. Pada sisi perangkat keras, sistem terdiri dari beberapa modul dan komponen elektronika dasar, sedangkan pada perangkat lunak digunakan aplikasi Arduino IDE sebagai editor untuk penulisan program.

1) Implementasi Perangkat Keras

Setiap komponen perangkat keras harus saling terhubung dan terintegrasi agar dapat mendukung kebutuhan sistem serta tujuan pengembangan monitoring dan kontrol suhu dan kelembaban pada budidaya *maggot BSF* tahap larva berbasis *IoT*. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam sistem ditampilkan pada Tabel 1

Tabel 1 Spesifikasi Perangkat Keras

Modul	Komponen	Komponen Penunjang
NodeMCU ESP8266	Kabel jumper	Smartphone
Sensor DHT22	Lampu 12V DC	Adaptor
Relay 4 channel	Fitting lampu	
	Kaca akrilik dan kayu	
	Kipas 12V DC	
	Pompa 12V DC	

2) Perakitan Perangkat Keras

Tahap perakitan perangkat keras melibatkan NodeMCU ESP8266, Sensor DHT22, Relay 4 Channel, Lampu, Kipas, dan Pompa. Seluruh komponen ini harus saling terhubung dan berfungsi secara terintegrasi sesuai dengan kebutuhan sistem untuk mendukung *monitoring* dan kontrol suhu serta kelembaban pada budidaya *maggot BSF* berbasis *IoT*. Modul-modul tersebut kemudian dirakit menjadi satu kesatuan perangkat yang beroperasi secara harmonis. Proses perakitan perangkat keras sistem kontrol suhu

dan kelembaban, yang meliputi pemasangan NodeMCU ESP8266, sensor DHT22, modul relay, serta aktuator, ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6 Perakitan Perangkat Keras

3) Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan sistem ini meliputi aplikasi Blynk pada *smartphone* sebagai media *monitoring* dan kontrol, serta Arduino IDE sebagai platform pemrograman untuk menyusun dan mengunggah instruksi ke NodeMCU. NodeMCU ESP8266 berperan sebagai pengendali utama yang terhubung dengan aplikasi Blynk. Ketika sistem menerima perintah, NodeMCU mengirimkan informasi ke perangkat lunak dan secara otomatis mengeksekusi instruksi sesuai dengan perintah yang diberikan. Selain itu, sistem ini juga memanfaatkan *Google Spreadsheet* sebagai media penyimpanan dan pengelolaan data. Setiap data hasil pembacaan sensor suhu dan kelembaban yang dikirim oleh NodeMCU secara otomatis dicatat ke dalam *Google Spreadsheet*. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melakukan *monitoring* data secara historis, mempermudah analisis, serta mendukung transparansi dalam proses pengendalian budidaya larva *maggot BSF* berbasis *IoT*.

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam membangun sistem ini sebagai berikut:

- a) Arduino IDE
- b) Blynk
- c) *Google Spreadsheet*

b. Pengujian Sistem

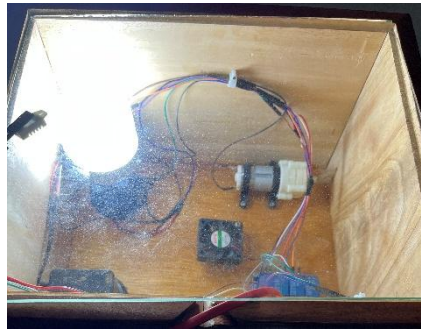
Uji coba dilakukan untuk memastikan sistem kontrol suhu dan kelembaban dapat bekerja sesuai dengan rancangan, baik dalam mode otomatis maupun mode manual melalui aplikasi Blynk, serta memastikan data sensor tersimpan dengan baik pada *Google Spreadsheet*.

1. Pengujian mode manual

Mode manual dilakukan untuk memastikan peternak dapat mengendalikan perangkat lampu, kipas, dan pompa secara langsung melalui aplikasi Blynk. Evaluasi kinerja sistem pada mode manual, yang meliputi keberhasilan pengendalian aktuator berdasarkan perintah pengguna melalui aplikasi *mobile*, ditunjukkan pada tabel 2. Dokumentasi visual berupa gambar 7 yang ditampilkan setelah tabel tersebut memperlihatkan kondisi ketika tombol pada aplikasi diaktifkan, sehingga perangkat pada sistem, khususnya lampu, dapat menyala sesuai dengan perintah yang diberikan.

Tabel 2 Proses Uji Coba Mode Manual

Proses pengujian	Hasil pengujian	Analisis
Pengguna menekan tombol ON/OFF pada aplikasi Blynk untuk menghidupkan dan mematikan perangkat secara manual.	1. Saat tombol kipas ON ditekan, kipas aktif meskipun suhu berada pada kondisi normal 2. Saat tombol pompa ON ditekan, pompa menyala meskipun kelembaban berada di atas 60%. 3. Saat tombol lampu ON ditekan, lampu menyala meskipun suhu berada pada kondisi normal >26 °C	Mode manual berfungsi dengan baik, memberi fleksibilitas kepada peternak untuk mengambil alih kontrol sistem kapan saja sesuai kebutuhan, tanpa harus menunggu kondisi otomatis terpenuhi.

**Gambar 7** Semua Perangkat ON

2. Pengujian mode otomatis

Mode otomatis digunakan untuk memastikan perangkat dapat merespon kondisi lingkungan sesuai dengan batas ideal yang ditentukan. Setelah dilakukan pengujian pada mode manual, pengujian selanjutnya dilakukan pada mode otomatis untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengendalikan perangkat berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban yang terdeteksi sensor. Hasil uji coba otomatis yang mencakup respon sistem terhadap perubahan parameter lingkungan disajikan pada tabel 3. Dokumentasi visual yang ditampilkan pada gambar 8 memperlihatkan kondisi ketika sistem secara otomatis mengaktifkan lampu berdasarkan hasil pembacaan sensor, tanpa adanya intervensi pengguna melalui aplikasi *mobile*.

Tabel 3 Proses Uji Coba Mode Otomatis

Proses pengujian	Hasil pengujian	Analisis
Simulasi dilakukan dengan memanaskan sensor DHT22 dengan cara sensor DHT22 digenggam dengan tangan.	1. suhu mencapai 24 °C, lampu otomatis ON, lampu akan OFF ketika suhu mencapai 26 °C. 2. suhu mencapai 30 °C, kipas otomatis ON, kipas akan OFF ketika suhu mencapai 27 °C. 3. kelembaban mencapai 50%, pompa otomatis	Sistem otomatis bekerja sesuai algoritma yang telah dirancang. Respon sistem cepat setelah data terbaca.

ON, pompa OFF ketika kelembaban mencapai 70%.



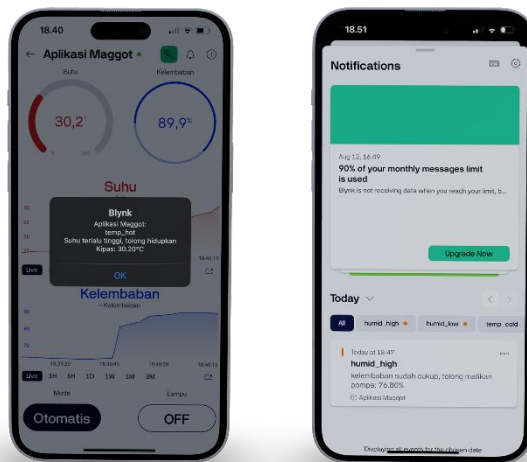
Gambar 8 Mode Otomatis dan Kipas ON

3. Pengujian notifikasi

Pengujian notifikasi dilakukan dengan memastikan sistem mengirimkan peringatan ke aplikasi Blynk ketika kondisi lingkungan berada pada luar batas ideal. Pengujian notifikasi pada aplikasi Blynk dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam memberikan informasi secara real time kepada pengguna ketika kondisi suhu dan kelembaban melewati batas yang telah ditetapkan. Hasil uji coba notifikasi, yang menunjukkan keberhasilan pengiriman peringatan ke aplikasi *mobile*, disajikan pada tabel 4, sedangkan dokumentasi visual pada gambar 9 memperlihatkan tampilan notifikasi yang diterima pengguna pada aplikasi Blynk.

Tabel 4 Proses Uji Coba Notifikasi

Proses pengujian	Hasil pengujian	Analisis
1. Suhu dinaikan melebihi 30 °C.	1. Saat suhu >30 °C, aplikasi Blynk menampilkan notifikasi “suhu terlalu tinggi, tolong hidupkan kipas”.	Sistem notifikasi berfungsi baik dalam memberikan peringatan dini kepada pengguna.
2. Kelembaban diturunkan dibawah 50%	2. Saat kelembaban <50%, aplikasi menampilkan notifikasi “kelembaban terlalu rendah tolong hidupkan pompa”	



Gambar 9 Notifikasi Pada *Smartphone*

4. Pengujian *Google Spreadsheet*

Pengujian *Google Spreadsheet* dilakukan dengan memastikan sistem dapat mencatat dan menyimpan data suhu, kelembaban, serta status perangkat secara otomatis ke dalam *Google Spreadsheet* sebagai log data untuk pemantauan dan analisis. Pengujian integrasi *Google Spreadsheet* dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam melakukan pencatatan data suhu dan kelembaban secara otomatis dan berkelanjutan. Hasil uji coba pencatatan data lingkungan yang mencakup waktu pengambilan data, nilai suhu, dan nilai kelembaban disajikan pada tabel 5, sedangkan dokumentasi visual pada gambar 10 menunjukkan tampilan data monitoring yang tersimpan secara *real time* pada *Google Spreadsheet*.

Tabel 5 Proses Uji Coba Log Data *Google Spreadsheet*

Proses pengujian	Hasil pengujian	Analisis
Sistem dihubungkan dengan <i>Google Spreadsheet</i> untuk logging otomatis. Data sensor suhu dan kelembaban diuji dengan kondisi berbeda.	1. Data sensor tercatat setiap 5 menit 2. Perubahan status perangkat ON/OFF 3. Mode kontrol yang dipilih pengguna	Integrasi dengan <i>Spreadsheet</i> berjalan dengan baik. Data historis bisa digunakan untuk analisis dan perawatan lingkungan budidaya jangka panjang.

Timestamp	#	Suhu (°C)	#	Kelembaban (%)	Lampu	Kipas	Pompa	Mode Kontrol	Event Type	Server Time
2025-09-04 11:31:03		30		89,3	OFF	ON	OFF	AUTO	AUTO_KIPAS_ON	2025-09-04 16:31:00
2025-09-04 11:31:07		30,1		87	OFF	ON	OFF	AUTO	NOTIF_SUHU_TINGGI	2025-09-04 18:31:10
2025-09-04 13:05:57	0		0		OFF	OFF	OFF	MANUAL	SYSTEM_START	2025-09-04 20:06:00
2025-09-04 13:06:15		26,5		73,2	OFF	OFF	OFF	MANUAL	MANUAL_LAMPU	2025-09-04 20:06:20
2025-09-04 13:06:21		26,5		73,2	OFF	OFF	OFF	MANUAL	MANUAL_POMPA	2025-09-04 20:06:26
2025-09-04 13:06:27		26,5		73,2	OFF	OFF	OFF	MANUAL	MANUAL_KIPAS	2025-09-04 20:06:31
2025-09-04 13:07:00		26,4		72,8	OFF	OFF	OFF	AUTO	MODE_CHANGE	2025-09-04 20:07:05
2025-09-04 13:08:01		30		97,7	OFF	ON	OFF	AUTO	AUTO_KIPAS_ON	2025-09-04 20:08:04
2025-09-04 13:10:43		29		61,9	OFF	ON	OFF	AUTO	PERIODIC_LOG	2025-09-04 20:10:48
2025-09-04 13:13:04		27		64,9	OFF	OFF	OFF	AUTO	AUTO_KIPAS_OFF	2025-09-04 20:13:18
2025-09-04 13:13:31		26,8		65,2	OFF	OFF	OFF	MANUAL	MODE_CHANGE	2025-09-04 20:13:35
2025-09-04 13:13:37		26,8		65,2	ON	OFF	OFF	MANUAL	MANUAL_LAMPU	2025-09-04 20:13:44
2025-09-04 13:13:47		26,7		65,3	ON	ON	OFF	MANUAL	MANUAL_KIPAS	2025-09-04 20:13:52
2025-09-04 13:13:58		26,7		65,3	ON	ON	ON	MANUAL	MANUAL_POMPA	2025-09-04 20:14:01
2025-09-04 13:14:09		26,6		65,3	ON	ON	OFF	MANUAL	MANUAL_POMPA	2025-09-04 20:14:12

Gambar 10 Log Data Suhu dan Kelembaban pada *Google Spreadsheet*

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kontrol suhu dan kelembaban berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan mampu menjaga kondisi lingkungan budidaya *maggot Black Soldier Fly* secara stabil, terkontrol, dan terdokumentasi secara *real time*. Sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga mengintegrasikan mekanisme kontrol otomatis, notifikasi, serta pencatatan data berbasis cloud, sehingga memberikan dukungan yang lebih komprehensif terhadap proses budidaya. Penelitian ini memiliki kesamaan konsep dengan penelitian yang dilakukan oleh (Aulia et al., 2024) yang mengembangkan sistem monitoring kelembaban dan otomatisasi penyiraman tanaman cabai berbasis IoT. Pada penelitian tersebut, IoT terbukti efektif dalam memantau parameter lingkungan secara *real time* dan meningkatkan efisiensi pengelolaan budidaya. Namun, fokus penelitian (Aulia et al., 2024). terbatas pada tanaman hortikultura dan belum menerapkan pengendalian suhu dan kelembaban secara simultan pada organisme hidup dengan sensitivitas lingkungan tinggi seperti larva *maggot*.

Selanjutnya, penelitian oleh (Kristiyanti et al., 2022) mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembaban pada budidaya jamur tiram berbasis IoT menggunakan protokol MQTT dan Telegram Bot. Sistem tersebut berhasil menampilkan data lingkungan secara *real time*, namun fungsinya masih sebatas monitoring tanpa integrasi kontrol otomatis terhadap aktuator. Berbeda dengan penelitian tersebut, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini telah dilengkapi dengan mekanisme kontrol otomatis yang dapat mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat kendali berdasarkan kondisi lingkungan yang terukur.

Penelitian lain oleh (Hudhoifah & Mulyana, 2024) juga menunjukkan bahwa sensor DHT22 yang digunakan pada sistem berbasis NodeMCU ESP8266 memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mengukur suhu dan kelembaban serta mampu menampilkan data melalui aplikasi *smartphone*. Meskipun demikian, penelitian tersebut belum mengintegrasikan fitur pencatatan data secara otomatis ke media penyimpanan cloud dan notifikasi kondisi lingkungan, sebagaimana diterapkan pada penelitian ini.

Dengan demikian, dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini menawarkan kontribusi yang lebih lengkap melalui integrasi monitoring *real time*, kontrol otomatis, notifikasi aplikasi, serta pencatatan data lingkungan berbasis Google Spreadsheet. Integrasi tersebut menjadikan sistem lebih adaptif, efisien, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam budidaya *maggot* secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan pengujian yang telah dilakukan, kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Sistem yang dirancang mampu mengontrol suhu dan kelembaban pada pembudidaya larva *maggot BSF* berbasis *Internet of Things* dan aplikasi *mobile*, sehingga peternak dapat memantau serta mengendalikan kondisi lingkungan secara otomatis maupun manual melalui *smartphone*.
2. Sistem kontrol suhu dan kelembaban ini berfungsi dengan memanfaatkan sensor untuk membaca kondisi lingkungan, mikrokontroler sebagai pusat pengendali, serta aplikasi *mobile* sebagai media pemantauan dan pengendalian jarak jauh, sehingga proses budidaya larva *maggot BSF* menjadi lebih efektif dan efisien.

SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut terhadap hasil penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran sebagai acuan penyempurnaan sistem, yaitu:

1. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem dengan menambahkan algoritma pembelajaran mesin *machine learning* untuk memprediksi suhu dan kelembaban di masa mendatang. Hal ini memungkinkan sistem melakukan pengendalian secara prediktif, bukan hanya reaktif, sehingga kestabilan lingkungan budidaya *maggot* lebih terjaga.
2. Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan sensor tambahan, seperti sensor amonia atau sensor cahaya, untuk memberikan data lingkungan yang lebih komprehensif.
3. Penyimpanan data dapat ditingkatkan dengan integrasi ke dalam basis data yang lebih kompleks, seperti MySQL atau Firebase, guna mendukung analisis skala besar.
4. Sistem ini juga dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur kontrol arus listrik agar perangkat NodeMCU memiliki mekanisme otomatis untuk berhenti beroperasi pada waktu tertentu, khususnya ketika tempat budidaya sudah tidak lagi berisi larva *maggot*. Penerapan fitur tersebut berfungsi untuk menghemat energi sekaligus memperpanjang umur pemakaian perangkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, A. A., Samsumar, L. D., & Suryadi, E. (2024). *Sistem Monitoring Kelembaban Dan Otomatisasi Penyiraman Tanaman Cabai Berbasis Internet Of Things (Iot)*. 2(2), 681–695.
- Diener, S., Zurbrugg, C., Gutiérrez, F. R., Nguyen, D. H., Morel, A., Koottatep, T., & Tockner, K. (2011). *Black Soldier Fly Larvae For Organic Waste Treatment – Prospects And Constraints*. 52(February), 978–984.
- Hudhoifah, M. A., & Mulyana, D. I. (2024). *Implementation of Temperature and Humidity Monitoring in Mushroom House for Oyster Mushroom Cultivation Using NodeMCU – ESP8266 in Wirasana Village Purbalingga Implementasi Monitoring Suhu dan Kelembapan Kumbung jamur pada Budidaya Jamur Tiram dengan NodeMCU - ESP8266 di Desa Wirasana Purbalingga*. 4(April), 472–480.
- Kristiyanti, D. R., Wijayanto, A., Aziz, A., Informatika, J., Matematika, F., Alam, P., & Maret, U. S. (2022). *Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet of Things Menggunakan MQTT dan Telegram BOT*. 1(1), 61–73.
- Lalander, C. H., Fidjeland, J., Diener, S., Eriksson, S., & Vinnerås, B. (2015). High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. reduction using black soldier fly for waste recycling. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 261–271. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0235-4>
- Putra, R. (2021). Monitoring dan kontrol suhu lampu untuk budidaya maggot bsf berbasis iot. *JURNAL TRANSIT*, 1–9.
- Rufa'i, A., & Ansori, Z. (2022). Prototype Alat Pemberian Pakan Ayam Otomatis Menggunakan Arduino Dan Internet of Things Untuk Notifikasi Ketersediaan Pakan. *Journal of Innovation And Future Technology (IFTECH)*, 4(2), 19–26. <https://doi.org/10.47080/ifttech.v4i2.2172>
- Salman, L.M. Ukhrowi, M. T. A. (2020). Budidaya Maggot Lalat BSF Sebagai Pakan Ternak. *Jurnal Karya Pengabdian*, 2(1).
- SIPSN. (2024). *KOMPOSISI SAMPAH*.
<https://sipsn.menlhk.go.id/Sipsn/Public/Data/Komposisi>.
<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>