

Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, Gas dan Cahaya untuk Budidaya Maggot BSF Berbasis Internet of Things (Study Case : Budidaya Maggot Pak Amin Kecamatan Sokaraja)

1st Afif Farhan Ilham
Teknik Informatika
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
leonidas@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Aulia Desy Nur Utomo
Teknik Informatika
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
auliau@telkomuniversity.ac.id

Abstrak-Maggot BSF sangat penting sebagai sumber pakan alternatif dengan kandungan protein dan nutrisi tinggi untuk budidaya ikan lele. Namun, pertumbuhan maggot BSF rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, cahaya, dan kandungan gas berbahaya. Tujuan riset ini merancang serta membangun sistem monitoring kondisi lingkungan kandang maggot BSF dengan sensor DHT22 (suhu dan kelembaban), sensor MQ135 (gas), dan LDR (cahaya) berbasis IoT. Data sensor akan ditampilkan pada web secara real-time sehingga memudahkan peternak memantau kondisi kandang dari jarak jauh dan mencegah kematian masal maggot. Sistem dirancang menggunakan metode prototype dengan mikrokontroler NodeMCU ESP32. Evaluasi dilakukan dengan metode blackbox guna memastikan sistem berjalan dengan baik. Temuan pengujian menunjukkan suhu tertinggi sebesar 31,95°C dan terendah 30°C, kelembaban tertinggi 74% dan terendah 71%, serta deteksi gas oleh sensor MQ135 dengan ppm tertinggi 8,49 dan terendah 7,5. Penelitian ini dapat membantu meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi maggot sebagai sumber pakan alternatif yang efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci : Internet of Things (IoT), Maggot BSF, Monitoring, Prototype

I. PENDAHULUAN

Salah satu sumber pakan yang sangat menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi pakan adalah maggot BSF (Black Soldier Fly), yang memiliki harga terjangkau jika dibandingkan dengan pakan pelet. Kandungan protein, lemak, serta mineral yang tinggi pada maggot BSF memenuhi kebutuhan nutrisi ikan lele. Ikan lele dapat dengan mudah mencerna maggot, yang meningkatkan kesehatan dan pertumbuhan ikan. Jika ikan memiliki cukup protein, mereka dapat berkembang dengan sehat. Kisaran kebutuhan protein untuk ikan lele adalah 32-35%. Maggot memiliki kandungan protein yang tinggi yaitu 40 - 50% serta pemeliharaannya yang relatif mudah [1]. Bentuk larva lalat hitam yang dikenal sebagai belatung Black Soldier Fly (BSF) dapat menjadi makanan pengganti yang layak untuk ikan dan unggas karena

kandungan proteinnya yang tinggi (40-50%) dan kandungan lemaknya (29-32%) [2]. Selain itu, belatung BSF memiliki sifat anti-mikroba juga anti-jamur, yang mencegah penyakit pada ikan [3]. Selain itu, larva BSF dapat digunakan sebagai pengolah sampah organik [4]. Potensi penggunaan larva BSF untuk mencerna sampah organik cukup menggembirakan karena larva yang tertangkap dapat digunakan sebagai sumber protein pakan ternak, yang dapat ditambahkan ke dalam pakan ikan lele sebagai suplemen yang bergizi [5]. Karena sensitivitasnya yang sangat tinggi terhadap variasi suhu, kelembapan, cahaya, dan gas, khususnya gas amonia maggot BSF memiliki potensi untuk menjadi kurang tangguh dan akhirnya mati. Kisaran suhu yang ideal untuk kultur belatung BSF di dalam kandang adalah antara 30° dan 38° C; suhu ini sesuai persyaratan yang dibutuhkan belatung BSF [6]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dosis amonia yang tinggi dapat menyebabkan toksisitas pada larva, sehingga diperlukan penelitian mendalam guna menentukan dosis yang optimal [7]. Durasi paparan cahaya memengaruhi berbagai aspek siklus hidup lalat tentara hitam, termasuk waktu pupasi, tingkat emergensi dewasa, dan fekunditas. Pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa prepupae yang dirawat dalam kondisi gelap sepenuhnya membutuhkan waktu pupasi yang lebih singkat dan memiliki tingkat emergensi dewasa yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang mendapatkan paparan cahaya lebih lama [8]. Mengembangkan alat pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) guna melacak kondisi kandang merupakan salah satu cara untuk mempermudah peternak dalam mengawasi kandang maggot. Alat monitoring ini akan menampilkan kondisi kandang seperti suhu, kelembaban, cahaya, dan kandungan gas yang berada di kandang. Dengan adanya alat monitoring ini peternak akan mengetahui situasi pada kandang dimana saja dan kapan saja. Alat monitoring ini terhubung melalui website yang akan dirancang, pada website tersebut akan menampilkan keadaan pada kandang dan peternak akan mendapatkan notifikasi pesan melalui aplikasi whatsapp. Pesan yang dikirim berisi mengenai

kondisi kandang secara *realtime*. Setelah peternak mendapatkan data dari alat monitoring, peternak dapat melakukan tindakan untuk penyesuaian pada kandang maggot. Tujuan penelitian ini, mengembangkan sistem monitoring lingkungan di lokasi budidaya maggot dengan memanfaatkan sensor cahaya, suhu, kelembaban, dan gas amonia guna mendukung keberhasilan proses budidaya serta mengembangkan website yang dapat terhubung dengan alat monitoring berbasis IoT untuk memudahkan pemantauan kondisi lingkungan budidaya maggot secara online.

II. KAJIAN TEORI

Pertama penelitian yang berjudul “Monitoring dan Kontrol Suhu Lampu Untuk Budidaya Maggot BSF Berbasis IOT” dilakukan oleh Rizki Aldy Destama Putra pada tahun 2021. Penelitian ini menyajikan solusi permasalahan kelupaan dalam menjaga suhu optimal kandang maggot BSF melalui penggunaan sistem monitoring dan kontrol berbasis Arduino. Dengan alat ini, peternak dapat dengan mudah memantau dan mengontrol suhu dan kondisi cahaya kandang ternaknya melalui koneksi Bluetooth di smartphone miliknya. [6].

Kedua, Usamah Saiful Hakiem, Rahmat Awaludin Salam, dan Faisal Budiman melakukan penelitian pada tahun 2023 dengan judul “Pengendalian dan Pemantauan Suhu dan Kelembaban Budidaya Belatung Menggunakan Sensor DHT-22 Berbasis IoT.” Pada penelitian ini, sensor DHT-22 berbasis IoT digunakan untuk mengatur dan melacak suhu serta kelembaban kultur belatung. Dalam artikel ini, penulis menjelaskan bagaimana sistem ini dapat membantu mengatasi masalah pengolahan sampah organik di Indonesia dan memberikan solusi yang efektif untuk membudidayakan maggot [9].

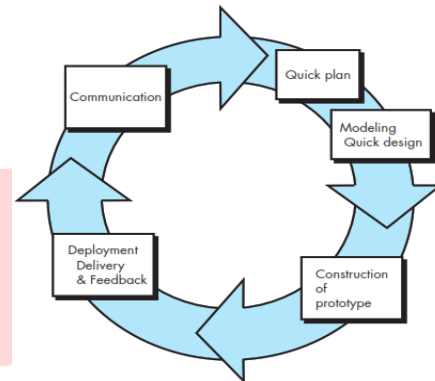
Ketiga, Muhammad Akbar Nugroho & Muhammad Rivai melakukan penelitian pada tahun 2018, “Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar Amonia pada Budidaya Ikan yang Diimplementasikan pada Raspberry Pi 3B.” Penerapan sensor gas MQ-135 pada pemantauan amonia keramba ikan dibahas dalam artikel ini. Sistem ini mengumpulkan data sensor dan mengatur kadar amonia pada keramba ikan menggunakan mikrokontroler Arduino dan Raspberry SBC [10].

Keempat, penelitian yang berjudul “Smart Agricultural System in Greenhouse based on Internet of Things for Lettuce” dilakukan oleh Grey M. Bonde, Daniel P. M. Ludong, Meicsy E. I. Najoan pada tahun 2021. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi sensor LDR dan hasilnya digunakan sebagai pendeteksi cahaya dan mengukur intensitas cahaya di dalam greenhouse [11].

Kelima, penelitian yang berjudul “Temperature and Humidity Monitoring Using DHT22 Sensor and Cayenne API” dilakukan oleh Whisnumurti Adhiwibowo, April Firman Daru, Alauddin Maulana Hirzan pada tahun 2020. Menggunakan metode IoT guna mendesain sistem pemantauan suhu dan kelembaban dalam budidaya jamur tiram. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan otomatis berbasis teknologi IoT yang menggunakan sensor DHT22 dan Cayenne API sebagai media pengambilan informasi ke komputer. Sistem ini memungkinkan petani untuk memantau kondisi budidaya tanpa harus berada di dalamnya. [12].

III. METODE

Metode prototipe digunakan dalam penelitian ini untuk membuat skema desain sistem. Hal ini memungkinkan mengumpulkan informasi tentang sistem yang perlu dirancang, mengidentifikasi kekurangan atau kelemahan dalam sistem, serta menguji operasi sistem sebelum dirilis. Pendekatan ini menciptakan alat pemantauan dalam lima langkah [13], sebagai berikut:



GAMBAR 1. (TAHAPAN METODE PROTOTYPE)

- A. Communication (komunikasi) : analisis terhadap kebutuhan.
- B. Quick plan : tahapan dalam rancangan kebutuhan.
- C. Modeling Quick Design : Tahapan dalam membuat desain.
- D. Pembentukan prototype : perangkat pembuatan prototype termasuk dalam pengujian sistem dan penyempurnaan.
- E. Tujuan dari pengiriman dan umpan balik penerapan adalah untuk menilai prototipe, membuat modifikasi yang diperlukan berdasarkan evaluasi, dan kemudian mengembangkan sistem secara akurat dan tepat agar pengguna dapat menggunakannya sebagaimana mestinya. [13].

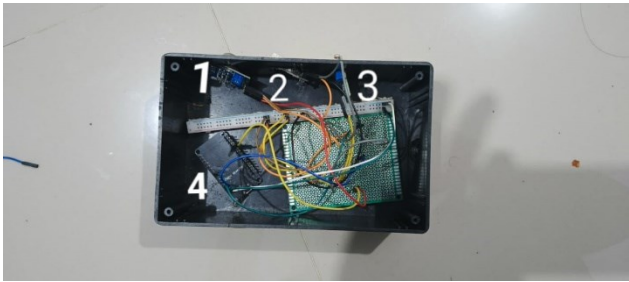
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Prototype

Temuan dan komentar yang berkaitan dengan alat, sistem, dan desain pengujian disajikan dalam bab ini. Antarmuka dibuat dengan menggunakan sensor DHT22, MQ135, LDR, dan NodeMCU ESP 32 sebagai input untuk prototipe pemantauan budidaya belatung BSF. Website digunakan sebagai output dari alat untuk sementara waktu, serta pengingat dikirim melalui WhatsApp. Berikut cara kerja dari sistem yang telah dibangun:



GAMBAR 2. (KANDANG MAGGOT)



GAMBAR 3. (SENSOR DAN MIKROKONTROLER)



GAMBAR 4. (TAMPILAN WEBSITE)

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa input pada sistem ini berasal dari kandang maggot bsf milik pak amin. Sensor dan mikrokontroler yang dipasang pada kandang maggot tersebut akan membaca dan memproses data yang diperoleh dari sensor, termasuk suhu dan kelembaban, gas amonia, serta tingkat cahaya. Selanjutnya, website berfungsi sebagai output yang akan menampilkan keseluruhan data dari sensor-sensor tersebut.

B. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem yang telah dibuat guna menjamin bahwasannya alat pemantau berhasil membaca serta menampilkan data sensor dilakukan setelah perancangan perangkat keras, pembuatan website, serta pengujian kalibrasi sensor selesai dilakukan. Pengujian yang akan dilakukan ialah pengujian website, notifikasi WhatsApp, pengujian blackbox, sensor MQ-135, sensor LDR, serta sensor DHT22.



GAMBAR 5. (SISTEM MONITORING IOT)

Gambar 5 menunjukkan sistem motnitoring IOT yang telah dirancang sebelumnya. Sistem ini menggunakan beberapa sensor, yaitu DHT22 guna mengukur suhu serta kelembaban kandang. MQ-135 guna mendeteksi kadar gas

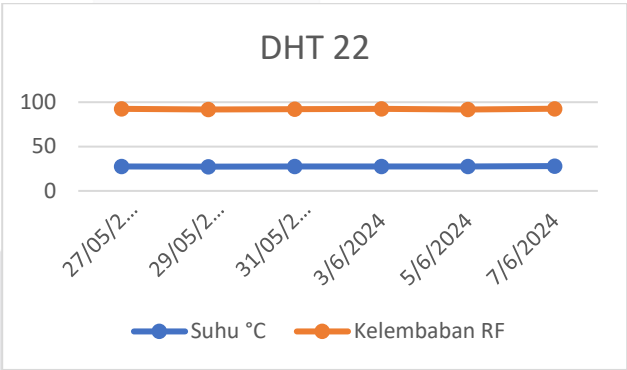
amonia. LDR untuk mengukur intensitas cahaya dalam kandang. Data dari sensor dikirim ke mikrokontroler ESP32, yang kemudian mengunggahnya ke platform monitoring berbasis web melalui koneksi Wi-Fi. Peternak dapat mengakses data ini kapan saja melalui aplikasi berbasis web yang telah disediakan. Jika ada perubahan signifikan pada suhu, kelembaban, atau kadar gas amonia, sistem akan mengirimkan notifikasi otomatis melalui WhatsApp agar peternak bisa segera mengambil tindakan.

C. Hasil Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 yang mengukur suhu serta kelembaban ini telah dilakukan secara langsung pada objek yakni kandang belatung BSF milik Pak Amin di Kecamatan Sokaraja. Selama dua minggu, setiap hari pada pukul 14.00 WIB dilakukan pengambilan sampel di lokasi penelitian. Nilai Suhu dan kelemban pada tabel 1 diambil dari nilai rata-rata pengujian yang dimulai dari siang sampai sore hari

TABEL 1. (PENGUJIAN SENSOR DHT22)

No	Tanggal	Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	27/05/2024	14.00 – 16.39	27.39	65.05
2	29/05/2024	14.00 – 16.39	27.35	64.5
3	31/05/2024	14.00 – 16.39	27.52	64.8
4	03/06/2024	14.00 – 16.39	27.40	65.2
5	05/06/2024	14.00 – 16.39	27.43	64.35
6	07/06/2024	14.00 – 16.39	27.98	64.7
Rata-rata			27.51	64.76



GRAFIK 1. (PENGUJIAN DHT22)

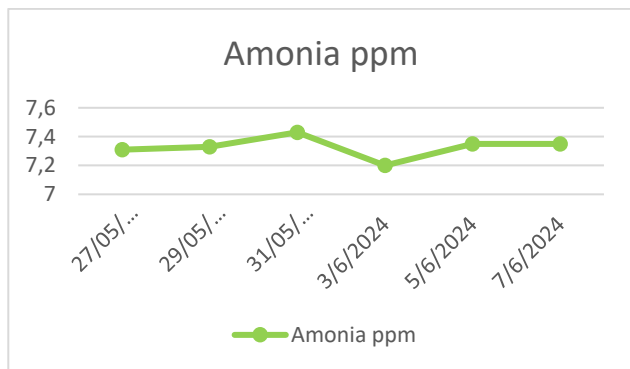
Dari tabel dan grafik di atas, hasil pengujian sensor DHT22 berfungsi dengan baik, sehingga dapat mengirimkan nilai output yang benar. Jika nilai yang dikirimkan mikrokontroler dapat ditampilkan pada halaman web, maka nilai keluaran dianggap sesuai. Setiap sore hingga malam hari, mulai pukul 14.00 hingga 16.39 WIB, pengambilan sampel dilakukan di lokasi penelitian. Data dari grafik di atas didapatkan dari Tabel 1, yang mencatat pengukuran suhu dan kelembaban secara periodik selama rentang waktu tersebut, sehingga memudahkan analisis dan validasi terhadap kinerja sensor DHT22 dalam kondisi lapangan.

D. Hasil Pengujian Sensor MQ-135

Kadar gas amoniak diukur langsung pada subjek penelitian, yaitu kandang peternakan maggot BSF milik Bapak Amin di Kecamatan Sokaraja, Kabupaten Banyumas, dengan menggunakan pengujian sensor MQ-135. Selama dua minggu, setiap hari pada pukul 14.00 WIB dilakukan pengambilan sampel di lokasi penelitian. Nilai kadar gas ammonia pada tabel 2 diambil dari nilai rata-rata pengujian yang diambil dari siang hari sampai sore hari.

TABEL 2. (PENGUJIAN SENSOR MQ-135)

No	Tanggal	Waktu	Kadar Gas Amonia (NH ₃)
1	27/05/2024	14.00 – 16.39	7.31
2	29/05/2024	14.00 – 16.39	7.33
3	31/05/2024	14.00 – 16.39	7.43
4	03/06/2024	14.00 – 16.39	7.20
5	05/06/2024	14.00 – 16.39	7.35
6	07/06/2024	14.00 – 16.39	7.35
Rata Rata			7.32



GRAFIK 2. (PENGUJIAN SENSOR MQ-135)

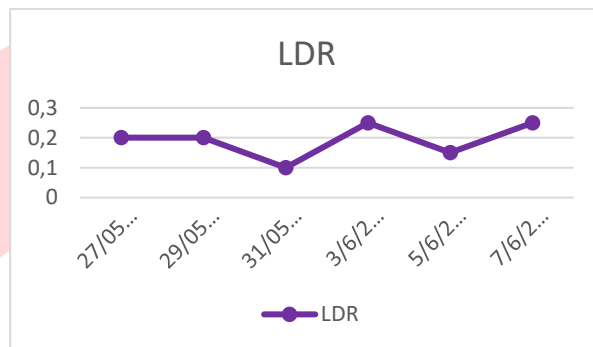
Dari tabel dan grafik di atas, pengujian sensor MQ-135 beroperasi dengan baik dan sensor dapat mengirimkan nilai output yang benar. Jika nilai yang dikirimkan mikrokontroler dapat ditampilkan pada halaman web, maka nilai keluaran dianggap sesuai. Setiap siang hingga sore hari, dari 14.00 - 16.39 WIB, pengambilan sampel dilakukan. Data dari grafik di atas didapatkan dari Tabel 2, yang mencatat pengukuran kualitas udara secara periodik selama rentang waktu tersebut, sehingga memudahkan analisis dan validasi terhadap kinerja sensor MQ-135 dalam kondisi lapangan.

E. Hasil Pengujian Sensor LDR

Pergerakan ulat BSF di dalam kandang dideteksi melalui pengujian sensor LDR. Pengujian sensor LDR dilakukan secara langsung pada objek yakni kandang peternakan belatung BSF milik Bapak Amin di Kec Sokaraja. Pengujian ini dilakukan selama 2 minggu, dengan pengambilan sampel setiap hari pada pukul 14.00 WIB. Nilai Dari Cahaya pada tabel 4.9 di ambil dari rata rata pengujian yang di ambil dari siang sampai sore hari.

Tabel 3. (Pengujian Sensor LDR)

No	Tanggal	Waktu	Cahaya
1	27/05/2024	14.00 – 16.39	0.2
2	29/05/2024	14.00 – 16.39	0.2
3	31/05/2024	14.00 – 16.39	0.1
4	03/06/2024	14.00 – 16.39	0.25
5	05/06/2024	14.00 – 16.39	0.15
6	07/06/2024	14.00 – 16.39	0.25
Rata Rata			0.19



GRAFIK 3. (PENGUJIAN SENSOR LDR)

Tabel dan grafik di atas menunjukkan hasil pengujian sensor LDR berfungsi dengan baik, sehingga dapat mengirimkan nilai output yang benar. Jika nilai yang dikirimkan mikrokontroler dapat ditampilkan pada halaman web, maka nilai keluaran dianggap sesuai. Setiap siang hingga sore hari, dari 14.00 - 16.39 WIB, pengambilan sampel dilakukan di lokasi. Data dari grafik di atas didapatkan dari Tabel 3, yang mencatat pengukuran intensitas cahaya secara periodik selama rentang waktu tersebut, sehingga memudahkan analisis dan validasi terhadap kinerja sensor LDR dalam kondisi lapangan.

F. Hasil Pengujian Website

Tujuan pengujian situs web ialah memastikan situs web yang dibuat berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian ini memeriksa apakah situs web dapat menampilkan data sensor yang dipasok dari ThingSpeak sesuai tujuan yang dimaksudkan. Pengujian menu login serta menampilkan data yang dikirim ThingSpeak ialah dua hasil dari pengujian website.

TABEL 4. (PENGUJIAN WEBSITE)

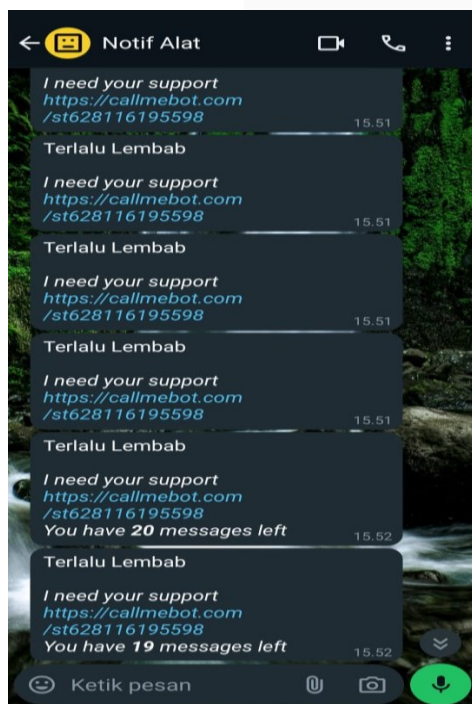
No	Kasus	Skenario Pengujian	Hasil Yang diharapkan	Hasil Pengujian
1	Daftar	Melakukan Pendaftaran	Menampilkan menu login	Berhasil
2	Login	Username (benar)	Masuk ke halaman dashboard	Berhasil
3	dashboard	Tampilan diagram sensor	Menampilkan data sensor	Berhasil
4	Data	Sensor suhu	Menampilkan data suhu	Berhasil
		Sensor kelembaban	Menampilkan data Kelembaban	Berhasil
		Sensor MQ-135	Menampilkan data Sensor MQ-135	Berhasil
		Sensor LDR	Menampilkan data sensor LDR	Berhasil
5	Logout	Klik tombol keluar	Keluar dari website	Berhasil

G. Hasil Pengujian Notifikasi Whatsapp

Guna memastikan sistem mengirimkan pesan notifikasi secara real-time pada pengguna serta memenuhi ekspektasi mereka, pengujian notifikasi WhatsApp dilakukan. Cara kerja dari notifikasi Whatsapp sebagai berikut. Ketika data dari sensor melebihi atau kurang dari yang sudah di sesuaikan maka esp32 akan mengirim perintah pada bot notifikasi pada whatsapp.

TABEL 5. (PENGUJIAN NOTIFIKASI WHATSAPP)

No	Kasus	Skenario Pengujian	Hasil Yang diharapkan	Hasil Pengujian
1	Menyimpan nomor bot	Melakukan penyimpanan nomor bot kepada whatsapp pengguna	Nomor telah tersimpan pada akun whatsapp pengguna	Sesuai
2	Daftar nomor Pengguna	Melakukan ping pada chat bot	Bot mengirimkan Api key pengguna	Sesuai
3	Mendaftarkan Api key	Memasukkan url Api key ke dalam Arduino IDE	Program notifikasi dapat berjalan	Sesuai
4	Pengujian Notifikasi	Mengcompile seluruh kodingan	Notifikasi Berhasil di kirim	Sesuai



GAMBAR 6. (NOTIFIKASI WHATSAPP)

I. Hasil Pengujian BlackBox

Tujuan uji blackbox yakni menentukan apakah alat pemantauan yang dirancang dapat berfungsi dengan baik serta memenuhi persyaratan yang telah diantisipasi. Situs web sistem pemantauan kandang belatung BSF digunakan untuk melakukan pengujian ini. Sensor ditempatkan di kandang belatung BSF sebagai bagian dari pengujian, dan kinerjanya dilacak melalui situs web dan monitor serial. Suhu, kelembapan, kadar gas amonia, dan pembacaan intensitas cahaya adalah bagian dari pengujian ini. Informasi ini akan ditampilkan di situs web, notifikasi WhatsApp, dan monitor serial.

TABEL 6. (TABEL UJI BLACKBOX)

No	Pembacaan Sensor LDR	Pembacaan Sensor suhu	Pembacaan Sensor Kelembaban	Pembacaan Sensor Gas	Mengirimkan data ke Thingspeak	Website Menampilkan data	Mengirim Notifikasi Whatsapp
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Keterangan :

✓ : Menunjukkan bahwa pengujian berhasil dilakukan sesuai dengan parameter yang diuji

Dari tabel tersebut sistem pemantauan memiliki potensi untuk berfungsi secara efektif. Sensor akan membaca data segera setelah perangkat pemantauan dimasukkan ke dalam kandang belatung BSF, dan mikrokontroler NodeMCU akan memproses serta memverifikasi hasil pembacaan. Basis data ThingSpeak akan menerima hasil data. Bot WhatsApp akan secara otomatis mengirimkan pesan dalam bentuk notifikasi WhatsApp jika data yang terkumpul tidak memenuhi standar yang ditetapkan. Pengguna juga dapat melihat statistik di situs web.

J. Hasil Pengujian Implementasi Sistem

Implementasi sistem ialah proses penerapan sistem yang telah dirancang. Sebagai bagian dari proses implementasi, pengujian dilakukan guna memastikan sistem berfungsi sesuai persyaratan dan kondisi yang ditetapkan. Sebelum sistem disiapkan untuk digunakan, masalah atau kesalahan yang ditemukan akan diperbaiki. Sensor DHT22, yang mengukur suhu juga kelembaban di kandang peternakan maggot BSF, MQ-135 yang mengukur kadar gas amonia, dan LDR yang mendeteksi cahaya yang masuk ke dalam kandang maggot BSF, semuanya diuji selama implementasi sistem. Peternakan belatung BSF di Kec Sokaraja menjadi tempat uji coba. Implementasi sistem mulai pukul 14.00 WIB hingga 16.39 WIB, dengan periode pengamatan tiga jam. Sesuai panduan, instrumen monitoring dapat beroperasi dengan baik; sensor data mengukur suhu, kelembaban, kadar gas amonia, dan pergerakan maggot BSF. Data sensor dapat diproses oleh NodeMCU dan dikirim langsung ke database ThingSpeak, di mana data tersebut ditampilkan di situs web ThingSpeak serta situs web yang telah dikustomisasi.

. Sebanyak 120 titik data dikumpulkan selama pengujian. Terdapat 12 titik data yang memiliki kesalahan dari total data yang dikumpulkan. Dengan menggunakan perhitungan berikut ini, kita dapat menentukan proporsi kesalahan alat yang mewakili ketidakakuratan alat berdasarkan data ini:

$$\text{Persentase error alat} = \frac{(\text{jumlah data yang mengalami kesalahan}) \times 100\%}{\text{Total Data}}$$

$$\text{Persentase error alat} = \frac{12}{120} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Persentase error alat} = 10$$

Dengan demikian, persentase kesalahan alat yang mencerminkan ketidakakuratan alat adalah 10%. Selain itu, 90% dari data tersebut dinyatakan valid. Informasi ini dapat digunakan untuk menghitung keberhasilan alat ini, yang menunjukkan seberapa efektif alat ini dalam mengumpulkan data pemantauan kandang belatung. Berikut perhitungan persentase keberhasilan alat:

$$\text{Persentase Keberhasilan alat} = \frac{(\text{jumlah data yang benar}) \times 100\%}{\text{Total Data}} \quad [14]$$

$$\text{Persentase Keberhasilan alat} = \frac{108}{120} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Persentase Keberhasilan alat} = 90$$

Tingkat keberhasilan alat ini mencapai 90% berdasarkan perhitungan data pemantauan di kandang belatung. Efektivitas pengambilan data alat pemantau dapat dilihat pada grafik berikut. Informasi ini berasal dari 120 titik data, 12 di antaranya memiliki kesalahan dalam pembacaan sensor. Alasan ketidakakuratan ini karena sensor tidak dihangatkan ketika nilai diambil, serta dibutuhkan beberapa waktu bagi sensor untuk menghasilkan pembacaan yang dapat diandalkan.

K. Evaluasi Sistem

Jika prototipe berbasis IoT di kandang belatung untuk memantau suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan tingkat amonia mengalami masalah serta malfungsi selama fase evaluasi sistem, sistem akan diperiksa dan diperbaiki. Karena perangkat lunak dan perangkat keras saling bergantung serta berdampak satu sama lain, keduanya akan diperiksa.

L. Analisis Hasil Pengujian

Sistem pemantauan suhu, kelembapan, gas, dan cahaya untuk kultur belatung BSF berbasis IoT telah menjalani pengujian, dan temuannya menunjukkan sistem ini mampu membaca dan menampilkan data secara akurat dalam waktu nyata.

Hasil pengujian sensor menunjukkan MQ-135 untuk tingkat gas amonia, DHT22 untuk suhu dan kelembapan, dan LDR untuk intensitas cahaya, semuanya dapat menghasilkan data yang sesuai standar pengukuran yang telah ditetapkan. Perbedaan suhu rata-rata $-0,72^{\circ}\text{C}$ serta perbedaan kelembapan 0,45% ditemukan pada pengujian kalibrasi sensor DHT22; perbedaan ini masih dalam batas toleransi dan tidak berdampak pada akurasi sistem.

Dari pengujian keseluruhan sistem menggunakan metode black-box, sistem dapat menampilkan data sensor pada website monitoring dengan baik, serta mengirimkan notifikasi otomatis melalui WhatsApp jika terdeteksi kondisi

lingkungan yang tidak sesuai. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi tujuan utama penelitian, yaitu membantu peternak dalam memantau kondisi kandang maggot BSF dari jarak jauh dan secara real-time.

Karena sistem yang dibuat telah memenuhi kriteria fungsional yang diinginkan, maka siklus pendekatan prototipe yang diterapkan riset ini hanya dilakukan satu kali. Untuk meningkatkan efektivitas dan ketepatan pemantauan, sistem ini masih dapat ditingkatkan dengan modifikasi tambahan pada penerapan selanjutnya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan:

- A. Pengujian sensor menunjukkan bahwa sensor DHT22 mempunyai rata-rata selisih $-0,72^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan 0,45% RH untuk kelembapan dibandingkan alat ukur referensi, sedangkan MQ-135 mampu mendeteksi kadar gas amonia dengan rata-rata 7,32 ppm. serta notifikasi WhatsApp berhasil terkirim 100% saat kondisi kandang tidak sesuai.
- B. Website monitoring yang dikembangkan berhasil menampilkan data sensor secara real-time dengan kecepatan akses rata-rata 1,8 detik. Pengguna dapat mengakses informasi terkait kondisi kandang maggot melalui dashboard yang berisi grafik suhu, kelembapan, kadar gas amonia, dan intensitas cahaya.
- C. Implementasi sistem dilakukan pada kandang maggot BSF dengan hasil Persentase Keberhasilan alat 90%, data ini di ambil dari hasil pengujian sistem. Evaluasi dilakukan secara berkala untuk memastikan kinerja alat tetap optimal.

REFERENSI

- [1] [1] I. Muntafiah, "Analisis Pakan pada Budidaya Ikan Lele (*Clarias Sp.*) di Mranggen,"
- [2] M. Rcia *dkk.*, "Edukasi Pengelolaan Sampah dan Budidaya Maggot Black Soldier Fly (BSF) di Desa Cihide ung Ilir, Kecamatan Ciampea, Bogor (Education on Waste Manage me nt and Cultivation of Maggot Black Soldier Fly (BSF) in Cihide ung Ilir Village, Ciampe a District, Bogor)."
- [3] Fauzi, R. U. A., & Sari, E. R. N. (2018). "Analisis Usaha Budidaya Maggot sebagai Alternatif Pakan Lele."
- [4] Fauzi, A., & Sari, R. P. (2021). "Kajian Pengelolaan Biokonversi Sampah Organik melalui Budidaya Maggot Black Soldier Fly (Studi Kasus: PKPS Medan)."
- [5] Dortmans B, Diener S, Verstappen B, Zurbrugg. (2017). Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Solier Fly: Panduan Langkah-langkah Lengkap.
- [6] Rizki Aldy Destama Putra.(2021).MONITORING DAN

- CONTROL SUHU LAMPU UNTUK BUDIDAYA MAGGOT BSF BERBASIS IOT.
- [7] Peguero D, Gold M, Endara A, Niu M, Zurbrügg C, Mathys A.(2023)” Evaluation of ammonia pretreatment of four fibrous biowastes and its effect on black soldier fly larvae rearing performance”.
- [8] Ferdousi, Lailatul (2021).” Impact of daylight duration on pupation and adult emergence of black soldier fly (*Hermetia Illucens*)”.
- [9] Usamah Saiful Hakiem, Rahmat Awaludin Salam, Faisal Budiman.(2023). “Controlling Dan Monitoring Suhu Dan Kelembaban Tempat Budidaya Maggot Menggunakan Sensor DHT-22 Berbasis IOT”.
- [10] Muhammad Akbar Nugroho, Muhammad Rivai. (2018). ”Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar Amoniauntuk Budidaya Ikan yang Diimplementasi pada Raspberry Pi 3B”.
- [11] Grey M. Bonde, Daniel P. M. Ludong, Meicsy E. I. Najoan.(2021). “ Smart Agricultural System in Greenhouse based on Internet of Things for Lettuce”.
- [12] Whisnumurti Adhiwibowo, April Firman Daru , Alauddin Maulana Hirzan.(2020). “Temperature and Humidity Monitoring Using DHT22 Sensor and Cayenne API”.
- [13] D. A. Jakaria dan M. R. Fauzi, “JURNAL TEKNIK INFORMATIKA APLIKASI SMARTPHONE DENGAN PERINTAH SUARA UNTUK MENGENDALIKAN SAKLAR LISTRIK MENGGUNAKAN ARDUINO,” *JUTEKIN*, vol. 8, no. 1, 2020.
- [14] S.H. Maharani & N.Kholis, “Pengaruh Penggunaan Sensor Gas Terhadap Persentase Nilai Error Karbonmonoksida (CO) Dan Hidrokarbon (HC) Pada Prototipe Vehicle Gas Detector (VGD). *Jurnal Teknik Elektro*, vol.09,no.03,pp.569-578,jul.20