
SISTEM OTOMATISASI SUHU DAN GAS AMONIA DALAM BUDIDAYA MAGGOT *BLACK SOLDIER FLY* (BSF) BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Rifqi Dwi Suprayoga¹, Tedy Rismawan², Kustiati³

^{1,2} Program Studi Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura, ³ Program Studi Biologi,
Universitas Tanjungpura

Jln. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124

¹ rifqidwisuprayoga@student.untan.ac.id, ² tedyrismawan@siskom.untan.ac.id,

³ kustiati@fmipa.untan.ac.id

Abstract

Many people start cultivating Black Soldier Fly (BSF) maggots as animal feed, but BSF maggots can experience young death if the food source is too hot or cold and the ammonia gas is too high. A system is needed that can automate temperature and ammonia gas according to the needs of the BSF maggot to maintain its quality. In this research, an IoT-based system has been built that can automate temperature and ammonia gas remotely via an internet connection and monitored via a website. This system uses the DHT11 sensor for temperature readings and the MQ135 sensor for ammonia gas readings. This system can be controlled manually to turn on/off the water pump, air heater, and fan according to the user's wishes, and automatically if the temperature and ammonia gas in the BSF maggot composter container is outside the parameters of the minimum and maximum temperature and ammonia gas parameters. The average results of the 1st and 2nd stage tests at the temperature of the BSF maggot composter container were 31.26°C and 31.16°C. The average results of the 1st and 2nd stage tests on ammonia gas in the BSF maggot composter container were 6.51 PPM and 5.45 PPM. The test results show that this system can maintain the temperature and ammonia gas levels in the BSF maggot composter container to remain stable.

Keywords: BSF maggot, sensor, internet of things, website

Abstrak

Banyak orang mulai membudidayakan maggot BSF sebagai pakan ternak, tetapi maggot BSF dapat mengalami mati muda apabila sumber makanan terlalu panas atau dingin dan gas amonia terlalu tinggi. Dibutuhkan sistem yang dapat melakukan otomatisasi suhu dan gas amonia sesuai kebutuhan maggot BSF agar terjaga kualitasnya. Dalam penelitian yang dilakukan telah dibuat sebuah sistem berbasis *Internet of Things* yang bisa melakukan otomatisasi suhu dan gas amonia dari jarak jauh melalui koneksi internet dan dipantau melalui *website*. Sistem ini menggunakan sensor DHT11 dalam membaca suhu serta sensor MQ135 dalam membaca gas amonia. Sistem ini dapat dikendalikan secara manual untuk melakukan *on/off* pada pompa air, pemanas udara dan kipas angin sesuai keinginan pengguna, serta secara otomatis yang apabila suhu dan gas amonia pada wadah komposter maggot BSF berada di luar parameter nilai minimum dan maksimum suhu dan gas amonia. Rata-rata hasil pengujian tahap ke-1 dan ke-2 pada suhu wadah komposter maggot BSF adalah 31,26°C dan 31,16°C. Rata-rata hasil pengujian tahap ke-1 dan ke-2 pada gas amonia wadah komposter maggot BSF adalah 6,51 PPM dan 5,45 PPM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat menjaga suhu dan kadar gas amonia pada wadah komposter maggot BSF tetap stabil dalam rentang suhu 30-35°C dan kadar gas amonia tidak lebih dari 20 PPM.

Kata kunci: maggot BSF, sensor, *internet of things*, *website*

1. PENDAHULUAN

Sampah masih menjadi permasalahan serius di Indonesia, terutama sampah rumah tangga yang umumnya merupakan sampah organik. Berdasarkan Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia tahun 2021, sumber sampah terbesar berasal dari rumah tangga yaitu mencapai 42.2% dari 23 juta ton timbunan sampah di seluruh Indonesia [1].

Hadirnya maggot *Black Soldier Fly* (BSF) atau Lalat Tentara Hitam sebagai pengurai sampah organik memberikan solusi dalam urusan mengatasi masalah sampah. Maggot BSF mampu mengolah sampah dalam waktu yang singkat [2]. Hasil penguraian sampah organik oleh maggot BSF akan menghasilkan sisa penguraian yang dapat dijadikan sebagai pupuk organik. Selain itu, maggot dewasa dibutuhkan oleh pasar sebagai pakan ternak. Oleh karena itu, mulai banyak pihak yang membudidayakan (beternak) maggot BSF.

Akan tetapi, terdapat beberapa kendala pada budidaya maggot BSF, salah satunya bisa mengalami mati muda. Penyebabnya yaitu kondisi sumber makanan yang terlalu panas. Namun, jika sumber makanan terlalu dingin, metabolisme maggot akan melambat. Selain itu, munculnya gas NH₃ (amonia) yang diakibatkan sampah organik tidak sempat terurai oleh maggot juga dapat membahayakan dan menyebabkan kematian pada maggot BSF [3]. Maka dari itu, dibutuhkan sebuah teknologi yang bisa menjadi solusi terhadap kendala-kendala tersebut, misalnya penerapan sistem berbasis *Internet of Things*.

Adapun penelitian mengenai penerapan sistem berbasis *Internet of Things* pada bidang peternakan, salah satunya yaitu penelitian mengenai sistem pemantauan serta pengendalian untuk kandang ayam yang berjudul "Otomatisasi Kandang dalam Rangka Meminimalisir *Heat Stress* pada Ayam Broiler dengan Metode Naive Bayes" [4]. Sistem ini dapat mengurangi *heat stress* dalam pengujian yang dikerjakan dalam waktu 2 minggu dengan memanfaatkan 600 ekor ayam broiler. Hasilnya yaitu penurunan kematian ayam, sebelum memanfaatkan sistem otomasi sebanyak 64 ekor kemudian setelah memanfaatkan sistem otomasi sebanyak 31 ekor.

Selanjutnya penelitian tentang sistem pemantauan kadar gas berbahaya untuk kandang ayam yang berjudul "Monitoring Kadar Gas Berbahaya pada Kandang Ayam dengan

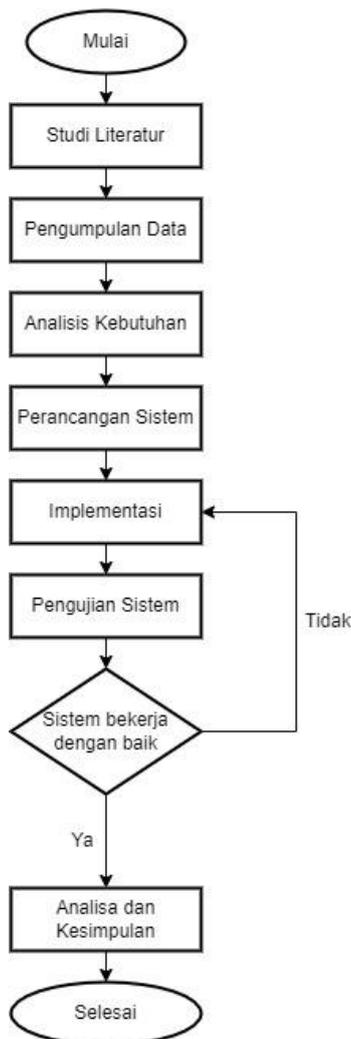
Menggunakan Protokol HTTP dan ESP8266" [5]. Dalam sistem tersebut mampu memberikan informasi mutu udara berupa kadar gas amonia serta metana yang terdapat dalam kandang ayam. Dari hasil uji, diperoleh waktu yang diperlukan dalam satu kali mengirim data memerlukan waktu sekitar 5-19 detik.

Selanjutnya yaitu penelitian mengenai sistem pemantauan serta pengendalian untuk budidaya maggot BSF yang berjudul "Monitoring dan Kontrol Suhu Lampu untuk Budidaya Maggot BSF Berbasis *Internet of Things*" [6]. Pada penelitian tersebut pemantauan menggunakan sensor suhu dan pengendalian menggunakan bola lampu. Hasil pengujian sistem tersebut yaitu dapat menjaga keseimbangan suhu antara 30°-38° C, yang mana sesuai pada standar suhu kebutuhan maggot BSF.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian yang sudah dikerjakan sebelumnya, dilakukan penelitian dengan judul "Sistem Otomatisasi Suhu dan Gas Amonia dalam Budidaya Maggot *Black Soldier Fly* (BSF) Berbasis *Internet of Things* (Studi Kasus: *Smart Green House* FMIPA Untan)". Dengan adanya sistem tersebut bertujuan untuk kemudahan pengguna ketika pemantauan serta pengendalian suhu dan kadar gas amonia di dalam wadah komposter (bak pembesaran) maggot BSF sesuai kebutuhan.

2. METODE PENELITIAN

Alur penelitian yang dilakukan di antaranya studi literatur, pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, analisa serta kesimpulan. Adapun alur penelitian yang dilakukan disajikan dalam diagram alir penelitian di Gambar 1.

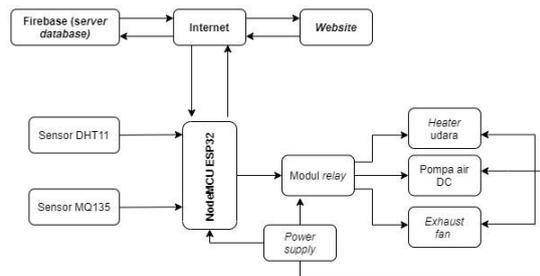


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. PERANCANGAN, IMPLEMENTASI DAN HASIL

3.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini terdiri dari perancangan perangkat keras serta perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras untuk NodeMCU ESP32 di antaranya yaitu modul *relay*, Sensor DHT11 serta Sensor MQ135. Perancangan perangkat lunak di antaranya yaitu perancangan perangkat lunak pada NodeMCU ESP32, perancangan sistem pada *website*, perancangan *database* serta perancangan antarmuka *website*. Secara umum perancangan sistem otomatisasi suhu dan gas amonia dalam budidaya maggot BSF berbasis IoT bisa dilihat di Gambar 13.



Gambar 2. Perancangan Sistem

Berdasarkan Gambar 2 dapat dijabarkan bagian-bagian dari perancangan sistem otomatisasi suhu dan gas amonia dalam budidaya maggot BSF berbasis *Internet of Things* sebagai berikut:

1. NodeMCU ESP32 berfungsi untuk pengendali serta mengolah banyak data pada komponen pendukung,
2. Sensor DHT11 berfungsi sebagai pengukur suhu pada wadah komposter maggot BSF,
3. Sensor MQ135 berfungsi sebagai pengukur gas amonia pada wadah komposter maggot BSF,
4. Modul *relay* digunakan sebagai saklar saat melakukan *on/off* sejumlah alat pada wadah komposter maggot BSF,
5. Pemanas udara berfungsi untuk menaikkan suhu apabila udara terlalu dingin pada wadah komposter maggot BSF,
6. Pompa air berfungsi untuk mengalirkan air ke dalam wadah komposter maggot BSF,
7. Kipas angin berfungsi untuk menghilangkan gas amonia yang berada di dalam wadah komposter maggot BSF, dan
8. *Power supply* digunakan untuk sumber arus listrik pusat pada semua sistem.

Pada perancangan wadah komposter maggot BSF, memiliki sejumlah parameter masukan guna mengontrol alat keluaran di antaranya suhu dan kadar gas amonia. Hasil pembacaan nilai dari sensor digunakan sebagai acuan untuk mengontrol alat keluaran dengan menentukan batas parameter ukuran berupa tingkat minimum serta maksimum. Adapun nilai parameter tersebut bisa dilihat di Tabel 1.

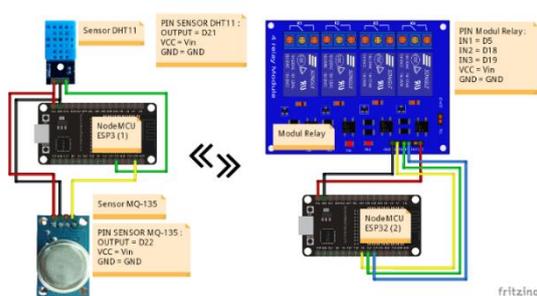
TABEL 1. NILAI PARAMETER NORMAL PADA BUDIDAYA MAGGOT BSF

Keterangan	Minimum	Maksimum
Suhu	30°C	35°C
Kadar gas amonia	-	20 PPM (<i>Pert Per Million</i>)

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras adalah bagian pertama untuk membuat sistem

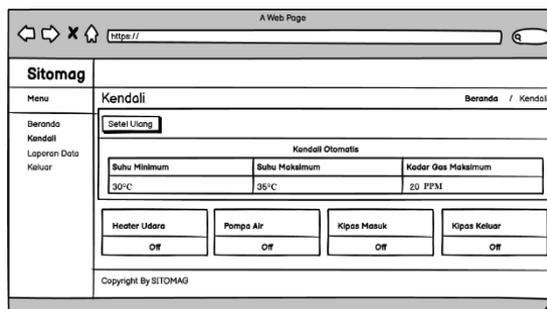
otomatisasi suhu serta gas amonia dalam budidaya maggot BSF berbasis *Internet of Things*. Perancangan perangkat keras didahului pada perancangan alat serta komponen untuk diperoleh suatu sistem yang mana setiap rancangan dapat saling terhubung. Perancangan perangkat keras secara keseluruhan di antaranya yaitu perancangan sistem pembacaan suhu, perancangan sistem pembacaan kadar gas amonia dan perancangan sistem pengendalian modul *relay*. Adapun keseluruhan perancangan perangkat keras dalam penelitian yang dilakukan bisa dilihat di Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan Keseluruhan Perangkat Keras

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan tahap selanjutnya setelah perancangan perangkat keras untuk membuat sistem otomatisasi suhu serta gas amonia dalam budidaya maggot BSF berbasis *Internet of Things*. Hasil dari perancangan perangkat lunak ini adalah dapat menjadi penghubung antara bagian perangkat keras serta komponen perangkat lunak untuk mengolah informasi dalam sistem, sehingga informasi nantinya akan digunakan dalam proses otomatisasi suhu dan gas amonia dalam budidaya maggot BSF. Kemudian informasi dikirimkan menuju *database* serta akan diperlihatkan dalam antarmuka *website*. Adapun perancangan halaman *website* bisa dilihat di Gambar 4.

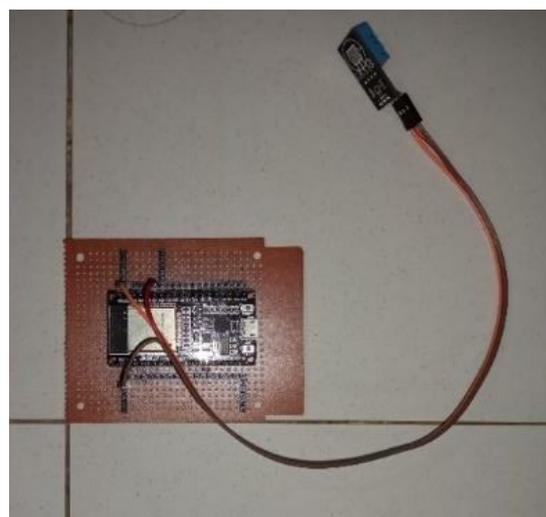


Gambar 4. Perancangan Halaman *Website*

3.4 Implementasi Perangkat Keras

3.4.1 Implementasi Perangkat Pembacaan Suhu

Komponen perangkat pembacaan suhu yang digunakan pada wadah komposter maggot BSF yaitu NodeMCU ESP32 serta sensor DHT11. Adapun hasil implementasi perangkat pembacaan suhu pada wadah komposter maggot BSF bisa dilihat di Gambar 5.



Gambar 5. Implementasi Perangkat Pembacaan Suhu

3.4.2 Implementasi Perangkat Pembacaan Kadar Gas Amonia

Komponen perangkat pembacaan kadar gas amonia yang digunakan pada wadah komposter maggot BSF yaitu NodeMCU ESP32 serta sensor MQ135. Adapun hasil implementasi perangkat pembacaan kadar gas amonia pada wadah komposter maggot BSF bisa dilihat di Gambar 6.



Gambar 6. Implementasi Perangkat Pembacaan Kadar Gas Amonia

3.4.3 Implementasi Perangkat Pengendalian Relay

Komponen perangkat pengendalian *relay* yang digunakan pada wadah komposter maggot BSF yaitu NodeMCU ESP32 serta modul *relay 4 channel*, namun hanya 3 *channel* modul *relay* yang dipakai untuk saklar *on/off* di pompa air, pemanas udara serta kipas angin. Adapun hasil implementasi perangkat pengendalian *relay* pada wadah komposter maggot BSF bisa dilihat di Gambar 7.

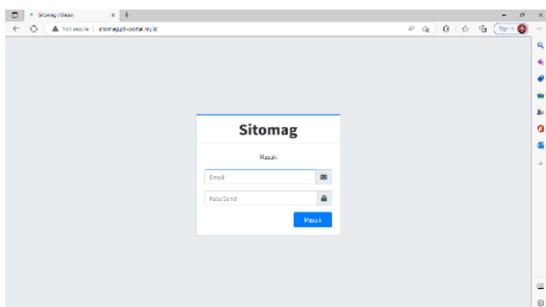


Gambar 7. Implementasi Perangkat Pengendalian Relay

3.5 Implementasi Perangkat Lunak (Website)

3.5.1 Tampilan Halaman Masuk (Login)

Halaman ini digunakan untuk pintu rumah bagi *user* saat memasuki aplikasi sistem. Adapun tampilan halaman Masuk bisa dilihat di Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Halaman Masuk (Login)

3.5.2 Tampilan Halaman Beranda

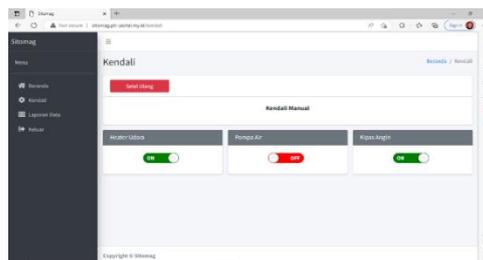
Halaman ini berisi pendahuluan berupa informasi mengenai sistem otomatisasi suhu dan gas amonia dalam budidaya maggot BSF berbasis IoT. Adapun tampilan halaman Beranda bisa dilihat di Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Halaman Beranda

3.5.3 Tampilan Halaman Kendali Manual

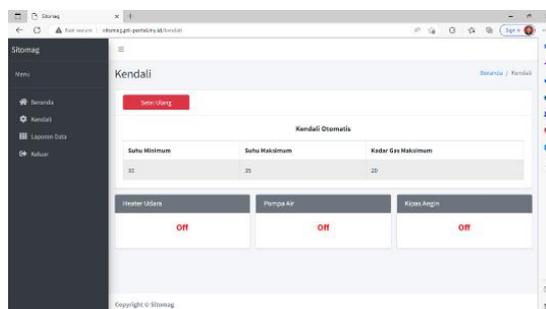
Pada halaman Kendali Manual, pengguna dapat melakukan *on/off* (hidup/mati) di pompa air, pemanas udara serta kipas angin tanpa harus menyesuaikan nilai suhu dan kadar gas amonia pada sensor. Adapun tampilan halaman Kendali Manual bisa dilihat di Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Halaman Kendali Manual

3.5.4 Tampilan Halaman Kendali Otomatis

Pada bagian ini, semua alat akan bekerja dengan sendirinya tanpa harus dipantau. Adapun tampilan halaman Kendali Otomatis bisa dilihat di Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan Halaman Kendali Otomatis

3.5.5 Tampilan Halaman Laporan Data

Pada tampilan halaman Laporan Data, akan menampilkan informasi berupa nilai suhu,

nilai kadar gas amonia, waktu dan tanggal saat data diterima. Adapun tampilan halaman Laporan Data bisa dilihat di Gambar 12.

No	Suhu	Gas Amonia	Waktu	Tanggal
11	28,7	1,78	05:50:35	Jumat, 25 November 2022
12	28,6	1,79	05:50:36	Jumat, 25 November 2022
13	28,6	1,68	05:50:35	Jumat, 25 November 2022
14	28,6	1,46	05:50:40	Jumat, 25 November 2022
15	28,6	1,91	05:50:14	Jumat, 25 November 2022
16	28,6	1,5	05:50:31	Jumat, 25 November 2022
17	28,6	1,53	05:50:33	Jumat, 25 November 2022
18	28,7	1,75	05:50:28	Jumat, 25 November 2022
19	28,7	2,03	05:50:22	Jumat, 25 November 2022
20	28,7	1,9	05:50:17	Jumat, 25 November 2022

Gambar 12. Tampilan Halaman Laporan Data

3.6 Hasil Pengujian Pembacaan Suhu

Dalam pengujian ini, sensor DHT11 berfungsi sebagai pembaca tingkat suhu pada wadah komposter maggot BSF. Uji pengukuran suhu dilakukan dengan membandingkan antara sensor DHT11 dan alat ukur standar yaitu *Digital Temperaturemeter*. Pada Gambar 24 menunjukkan perbandingan uji pengukuran suhu antara sensor DHT11 dan *Digital Temperaturemeter*.



Gambar 13. Kalibrasi Sensor DHT11 Terhadap *Digital Temperaturemeter*

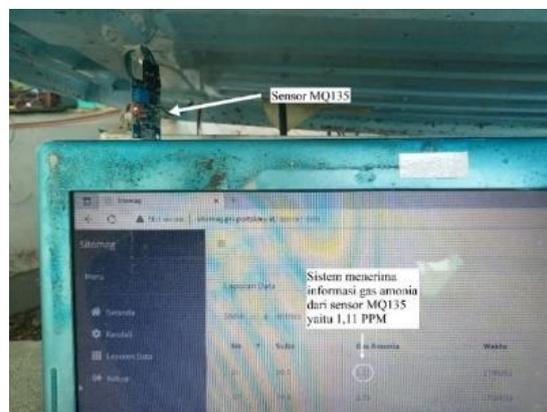
Setelah melakukan kalibrasi antara sensor DHT11 dan *Digital Temperaturemeter*, maka selanjutnya dilakukan uji pengukuran suhu pada wadah komposter maggot BSF sebanyak 10 kali menggunakan sensor DHT11 dan *Digital Temperaturemeter*. Setelah dilakukan uji pengukuran, maka didapatkan rata-rata dari *error* relatif mencapai 1,58% dan akurasi nilai perbandingan hasil uji pengukuran mencapai 98,42%. Adapun hasil uji pengukuran suhu pada wadah komposter maggot BSF bisa dilihat di Tabel 2.

TABEL II. HASIL PENGUKURAN SENSOR DHT11 DAN *DIGITAL TEMPERATUREMETER*

No	Pengukuran		<i>Error</i> (°C)	<i>Error</i> (%)
	Nilai Sensor (°C)	Alat Ukur (°C)		
1	30,8	30,6	0,2	0,63
2	31,1	31,7	0,6	1,90
3	31,2	31,8	0,6	1,90
4	31,4	31,8	0,4	1,27
5	31,4	31,8	0,4	1,27
6	31,2	31,7	0,5	1,58
7	31,1	31,7	0,6	1,90
8	31,0	31,7	0,7	2,22
9	31,0	31,5	0,5	1,58
10	31,0	31,5	0,5	1,58
Error Rata-Rata			0,5	1,58

3.7 Hasil Pengujian Pembacaan Kadar Gas Amonia

Dalam pengujian ini, sensor MQ135 berfungsi sebagai pembaca tingkat kadar gas amonia pada wadah komposter maggot BSF. Pada pengujian ini, sensor MQ135 tidak dapat dibandingkan pada alat ukur standar, karena tidak tersedianya alat ukur standar guna melakukan perbandingan uji pengukuran kadar gas amonia dengan sensor MQ135, sehingga belum dilakukan kalibrasi terhadap hasil pembacaan sensor MQ135. Pada Gambar 25 menunjukkan uji pengukuran pada kadar gas amonia dengan sensor MQ135.



Gambar 14. Uji Pengukuran Kadar Gas Amonia Menggunakan Sensor MQ135

Selanjutnya, dilakukan uji pengukuran kadar gas amonia pada wadah komposter maggot BSF sebanyak 10 kali menggunakan sensor MQ135. Setelah dilakukan uji pengukuran, maka didapatkan kadar gas amonia rata-rata mencapai 4,204 PPM. Adapun hasil uji pengukuran kadar gas amonia pada wadah komposter maggot BSF bisa dilihat di Tabel 3.

TABEL III. PENGUJIAN TINGGI AIR SENSOR ULTRASONIK DENGAN PENGGARIS

No	Nilai Pengukuran Sensor (PPM)
1	1,11
2	4,88
3	4,75
4	3,76
5	2,7
6	2,46
7	3,04
8	4,73
9	4,12
10	5,51
Rata-Rata	3,706

3.8 Hasil Pengujian Modul Relay

Pengujian yang dilakukan ini guna diketahuinya berapa durasi waktu yang diperlukan dalam merespons perintah *on/off* (hidup/mati). Adapun hasil uji waktu respons *on/off* pada modul *relay* bisa dilihat di Tabel 4.

TABEL IV. HASIL UJI WAKTU RESPONS PADA MODUL RELAY

No	Kendali pada Wadah Komposter Maggot BSF					
	Pompa Air (Detik)		Pemanas Udara (Detik)		Kipas Angin (Detik)	
	On		On		On	
1	2	2	4	3	6	8
2	7	4	5	5	5	5
3	5	3	2	1	5	4
4	4	4	3	4	3	4
5	2	4	2	8	8	4
6	4	6	7	7	6	6
7	6	10	8	8	8	6
8	4	7	3	4	3	2
9	5	9	7	5	4	7
10	5	2	8	3	5	1
Rata-rata	4,4	5,1	4,9	4,8	5,3	4,7

Adapun proses pengujian waktu respons modul *relay* pada pompa air, pemanas udara dan kipas angin dilakukan masing-masing sebanyak 10 kali pada setiap alat. Hasil uji rata-rata waktu respons pada saat menghidupkan pompa air adalah 4,4 detik dan rata-rata hasil uji waktu respons pada saat mematikan pompa air adalah 5,1 detik. Rata-rata hasil uji waktu respons pada saat menghidupkan pemanas udara adalah 4,9 detik dan rata-rata hasil uji waktu respons pada saat mematikan pemanas udara adalah 4,8 detik. Rata-rata hasil uji waktu respons pada saat menghidupkan kipas angin adalah 5,3 detik dan rata-rata hasil uji waktu respons saat mematikan kipas angin adalah 4,7 detik.

3.9 Hasil Pengujian Black Box

Tujuan dari pengujian *Black Box* adalah dapat mengetahui sistem otomatisasi suhu dan gas amonia dalam budidaya maggot BSF berbasis IoT apakah dapat menghasilkan keluaran sesuai dengan yang diharapkan serta sesuai pada fungsi dalam aplikasi sistem ini. Dilakukan pengujian *Black Box* dengan dijalanannya aplikasi dan fungsi di pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua proses yang diuji dinyatakan berhasil. Adapun pengujian *Black Box* pada pengguna bisa dilihat di Tabel 5.

TABEL V. PENGUJIAN BLACK BOX PADA PENGGUNA

No	Proses yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Masuk (<i>login</i>)	Ketika pengguna berhasil masuk ke halaman Beranda, maka tidak akan bisa kembali ke halaman Masuk (<i>Login</i>).	Berhasil
2	Keluar (<i>logout</i>)	Ketika pengguna berhasil keluar maka tidak akan bisa kembali ke halaman Beranda tanpa melakukan <i>login</i> .	Berhasil
3	Tambah data kendali otomatis (suhu minimum)	Ketika pengguna mengatur suhu minimum, apabila suhu berada di bawah suhu minimum maka pemanas udara akan hidup, dan akan mati apabila suhu kembali normal.	Berhasil
4	Tambah data kendali otomatis (suhu maksimum)	Ketika pengguna mengatur suhu maksimum, apabila suhu berada di atas suhu maksimum maka pompa air akan hidup.	Berhasil
5	Tambah data kendali otomatis (kadar gas maksimum)	Ketika pengguna mengatur kadar gas maksimum, apabila kadar gas amonia berada di atas kadar gas maksimum maka kipas angin akan hidup, dan akan mati apabila kadar gas amonia kembali normal.	Berhasil
6	Tambah data kendali manual	Ketika pengguna memilih kendali manual, maka pengguna dapat melakukan <i>on/off</i> (hidup/mati) pada pompa air, pemanas udara dan kipas angin.	Berhasil
7	Laporan data	Halaman Laporan Data akan menampilkan informasi berupa nilai suhu, nilai kadar gas amonia, waktu dan tanggal saat data diterima.	Berhasil

4. PEMBAHASAN

Penelitian yang dikerjakan ini yaitu membuat sebuah sistem otomatisasi suhu dan gas amonia dalam budidaya maggot BSF berbasis *Internet of Things*. Berbeda dengan C. G. N. Putra et al. (2018) dan Arifin et al. (2018) yang mengerjakan penelitian pada kandang ayam,

penelitian ini dilakukan pada wadah komposter maggot BSF, namun memiliki kesamaan yaitu membangun suatu sistem otomatisasi suhu dan gas amonia. Sistem yang dibuat mampu mempermudah *user* dalam memantau serta mengontrol suhu dan kadar gas amonia di dalam wadah komposter (bak pembesaran) maggot BSF sesuai kebutuhan.

Berbeda dengan C. G. N. Putra et al. (2018), Arifin et al. (2018) dan Putra R. A. (2021) yang melakukan penelitian menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Arduino Uno, sistem otomatisasi suhu dan gas amonia dalam budidaya maggot BSF berbasis *Internet of Things* menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebanyak 2 buah. Salah satu NodeMCU ESP32 berfungsi untuk pemrosesan data tingkat suhu dan kadar gas amonia yang dihasilkan oleh sensor DHT11 serta sensor MQ135, yang mana data tersebut akan dikirim menuju *database* MySQL melalui koneksi internet, sedangkan NodeMCU ESP32 lainnya digunakan untuk pengendalian di modul *relay*, yang mana dalam modul *relay* tersebut memiliki sejumlah alat yang terhubung yaitu pompa air, pemanas udara dan kipas angin.

Pada sistem ini, memiliki 2 macam pengendalian di antaranya pengendalian mode manual serta pengendalian mode otomatis melalui antarmuka *website*. Pengendalian mode manual digunakan untuk melakukan *on/off* (hidup/mati) pada pompa air, pemanas udara dan kipas angin. Sedangkan pengendalian mode otomatis digunakan apabila suhu dan kadar gas amonia pada wadah komposter maggot BSF berada di luar parameter nilai minimum dan maksimum suhu dan kadar gas amonia yang telah ditetapkan.

Berbeda dengan Putra R. A. (2021) yang melakukan penelitian menggunakan sensor DHT22, penelitian di sini menggunakan sensor DHT11 dalam menguji pembacaan tingkat suhu pada wadah komposter maggot BSF. Setelah dilakukan uji pengukuran sebanyak 10 kali, maka diperoleh rata-rata *error* relatif mencapai 1,58% dan akurasi nilai perbandingan hasil uji pengukuran mencapai 98,42%. *Error* pada sensor DHT11 ketika uji pengukuran tingkat suhu disebabkan oleh kalibrasi antara sensor DHT11 dan *Digital Temperaturemeter*, karena nilai pembacaan sensor DHT11 berupa nilai analog, sementara nilai pembacaan *Digital Temperaturemeter* berupa nilai digital. Akibatnya akurasi nilai pembacaan sensor DHT11 tidak mencapai 100%.

Pada pengujian sensor MQ135 dilakukan untuk menguji pembacaan tingkat kadar gas amonia pada wadah komposter maggot BSF. Pada pengujian tersebut, sensor MQ135 tidak dapat dibandingkan pada alat ukur standar, karena tidak tersedianya alat ukur standar guna melakukan perbandingan uji pengukuran kadar gas amonia dengan sensor MQ135. Setelah dilakukan uji pengukuran sebanyak 10 kali, maka didapatkan kadar gas amonia rata-rata mencapai 4,204 PPM.

Pada pengujian modul *relay* tujuannya agar diketahui berapa durasi waktu yang dibutuhkan dalam merespons perintah *on/off* (hidup/mati). Adapun proses pengujian waktu respons modul *relay* pada pompa air, pemanas udara dan kipas angin dilakukan masing-masing sebanyak 10 kali pada setiap alat. Hasil uji rata-rata waktu respons pada saat menghidupkan pompa air adalah 4,4 detik dan rata-rata hasil uji waktu respons pada saat mematikan pompa air adalah 5,1 detik. Rata-rata hasil uji waktu respons pada saat menghidupkan pemanas udara adalah 4,9 detik dan rata-rata hasil uji waktu respons pada saat mematikan pemanas udara adalah 4,8 detik. Rata-rata hasil uji waktu respons pada saat menghidupkan kipas angin adalah 5,3 detik dan rata-rata hasil uji waktu respons pada saat mematikan kipas angin adalah 4,7 detik. Perbedaan waktu respons pompa air, pemanas udara dan kipas angin pada pengujian modul *relay* disebabkan oleh koneksi internet yang tidak stabil serta jangkauan koneksi internet pada NodeMCU ESP32, akibatnya berpengaruh pada waktu respons *on/off* pompa air, pemanas udara dan kipas angin. Oleh karena itu, disarankan dapat menggunakan koneksi internet yang lebih stabil agar mengurangi terjadinya perbedaan waktu respons.



Gambar 15. Pengujian Keseluruhan Sistem

Diujinya sistem keseluruhan terdiri dari 2 tahap, masing-masing tahap uji berlangsung selama 17 hari. Tahap pengujian ke-1 dilakukan dengan menggunakan maggot BSF yang ditempatkan pada wadah komposter maggot BSF dan tahap pengujian ke-2 dilakukan tanpa menggunakan maggot BSF. Pada suhu wadah komposter maggot BSF, hasil pengujian menunjukkan bahwa dalam 2 tahap pengujian, sistem ini dapat menjaga suhu pada wadah komposter maggot BSF tetap stabil, walaupun tahap pengujian ke-1 menggunakan maggot BSF dan tahap pengujian ke-2 tanpa maggot BSF. Pada kadar gas amonia wadah komposter maggot BSF, hasil pengujian menunjukkan bahwa dalam 2 tahap pengujian, sistem ini dapat menjaga kadar gas amonia pada wadah komposter maggot BSF tetap stabil, walaupun tahap pengujian ke-1 menggunakan maggot BSF dan tahap pengujian ke-2 tanpa maggot BSF.

Rata-rata hasil tahap pengujian ke-1 pada suhu wadah komposter maggot BSF adalah 31,26°C dan rata-rata hasil tahap pengujian ke-2 pada suhu wadah komposter maggot BSF adalah 31,16°C.

Rata-rata hasil tahap pengujian ke-1 pada kadar gas amonia wadah komposter maggot BSF adalah 6,51 PPM dan rata-rata hasil tahap pengujian ke-2 pada kadar gas amonia wadah komposter maggot BSF adalah 5,45 PPM.

Pada tahap pengujian ke-2, wadah komposter maggot BSF dibiarkan kosong, hanya menyisakan bekas maggot (kasgot). Selama kurang lebih 10 hari pertama kadar gas amonia tidak pernah mencapai lebih dari sama dengan 2,00 PPM. Kemudian pada hari ke-11, ditambahkan sampah organik pada wadah komposter maggot BSF. Hasilnya sampah organik tersebut menyebabkan kenaikan kadar gas amonia pada wadah komposter maggot BSF. Jadi, keberadaan sampah organik pada wadah komposter maggot BSF memberikan pengaruh pada kenaikan kadar gas amonia.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa diperoleh pada penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. *Error* rata-rata yang diperoleh saat dilakukannya pengukuran suhu mencapai 1,58% dan rata-rata kadar gas amonia yang didapat ketika melakukan pengukuran kadar gas amonia mencapai 4,204 PPM.

2. Diujinya sistem keseluruhan terdiri dari 2 tahap, masing-masing tahap pengujian berlangsung selama 17 hari. Tahap pengujian ke-1 dilakukan dengan menggunakan maggot BSF yang ditempatkan pada wadah komposter maggot BSF dan tahap pengujian ke-2 dilakukan tanpa menggunakan maggot BSF. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dalam 2 tahap pengujian, sistem ini dapat menjaga suhu dan kadar gas amonia pada wadah komposter maggot BSF tetap stabil.

5.2 SARAN

Atas dasar penelitian yang sudah dikerjakan, diperoleh beberapa masukan yang bisa dipertimbangkan pada penelitian berikutnya sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk dilakukannya perbandingan sensor MQ135 dengan alat ukur standar, agar dapat dilakukan kalibrasi terhadap hasil pembacaan sensor MQ135.
2. Pada penelitian berikutnya diharapkan dapat membangun sistem berbasis *mobile* agar dapat memudahkan pengguna saat dilakukannya otomatisasi suhu serta gas amonia dalam budidaya maggot BSF.
3. Pada penelitian selanjutnya disarankan dapat menggunakan koneksi internet yang lebih stabil agar mengurangi terjadinya gangguan dalam melakukan perekaman data sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. L. H. d. K. R. I. KLHK, "Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional," 2021. [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. [Diakses 12 Februari 2022].
- [2] Y. Putra and A. Ariesmayana, "Efektifitas Penguraian Sampah Organik Menggunakan Maggot (BSF) di Pasar Rau Trade Center," *Jurnal*, vol. III, no. 1, pp. 11-24, 2020.
- [3] T. B. I. Raya, *Beternak Maggot BSF: Tanpa Becek, Tanpa Bau, dan Lahan Terbatas*, Jakarta: PT AgroMedia Pustaka, 2019.
- [4] C. G. N. Putra, R. Maulana and H. Fitriyah, "Otomatisasi Kandang dalam Rangka Meminimalisir Heat Stress pada Ayam Broiler dengan Metode Naive Bayes," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi*

- dan Ilmu Komputer, vol. II, no. 1, pp. 387-394, 2018.
- [5] M. N. Arifin, M. H. H. Ichsan and S. R. Akbar, "Monitoring Kadar Gas Berbahaya pada Kandang Ayam dengan Menggunakan Protokol HTTP dan ESP8266," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. II, no. 11, pp. 4600-4606, 2018.
- [6] R. A. D. Putra, "Monitoring dan Kontrol Suhu Lampu untuk Budidaya Maggot BSF Berbasis Internet of Things," *Jurnal Transit*, pp. 1-9, 2021.
- [7] S. M. Ahmad and Sulistyowati, "Pemberdayaan Masyarakat Budidaya Maggot BSF dalam Mengatasi Kenaikan Harga Pakan Ternak," *Journal of Empowerment*, vol. II, no. 2, pp. 243-260, 2021.
- [8] R. Putri, M. Rianes and Zulkarnaini, "Sosialisasi Pengolahan Sampah Organik Rumah Tangga dengan Menggunakan Maggot BSF," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia (JPMI)*, vol. III, no. 1, pp. 89-94, 2023.
- [9] Hardana dan R. F. Isputra, *Membuat Aplikasi IoT: Internet of Things*, Yogyakarta: Lokomedia, 2019.
- [10] R. Abdulloh, *7 in 1 Pemrograman Web untuk Pemula*, Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2018.
- [11] W. S. Pambudi, *Aplikasi Akuisisi Data Sensor dengan InstrumentLab, PlotLab, Chart pada Arduino Uno*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2021.
- [12] R. Akbar, "Sistem Kunci Kendaraan Bermotor Menggunakan Radio Frequency Identification (RFID) dan SIM Berbasis NodeMCU ESP32," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, 2020.
- [13] Z. Husen and M. S. Surbakti, *Aplikasi Mekatronika: Desain dan Simulasi Rangkaian Elektropneumatik dengan FESTO FluidSIM*, Banda Aceh: Syiah Kuala University Press, 2022.
- [14] M. I. Hakiki, U. Darusalam and N. D. Nathasia, "Konfigurasi Arduino IDE untuk Monitoring Pendeteksi Suhu dan Kelembapan pada Ruang Data Center Menggunakan Sensor DHT11," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. IV, no. 1, pp. 150-156, 2020.
- [15] R. A. Gustavia and E. Nurraharjo, "Rancang Bangun Sistem Multiple Warning Deteksi Asap Rokok Menggunakan Sensor MQ-135 Berbasis Arduino," *Prosiding SINTAK*, 2018.
- [16] Y. S. A. Nugraha, "Pengembangan Air Mancur Menari Mengikuti Irama dan Bercahayakan RGB LED (dengan Sistem Monitoring Ketinggian Air)," Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, 2018.
- [17] I. Dirja and M. A. Jihan, "Rancang Bangun Pemanas Air (Water Heater) dengan Menggunakan Baterai Berbasis Arduino Pro Mini," *Infomatek Volume 21 Nomor 2*, vol. XXI, no. 2, pp. 91-96, 2019.
- [18] Y. K. Wardhana, C. G. I. Partha and I. W. Sukerayasa, "Pemanfaatan Udara Buang Exhaust Fan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan Pengaruh Penambahan Honeycomb Berbasis ATmega 2560," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. VIII, no. 1, pp. 161-168, 2021.
- [19] P. R. Ernawati, "Perbandingan Solusi Numerik Integral Lipat Dua pada Fungsi Fuzzy dengan Metode Romberg dan Simulasi Monte Carlo," *Jurnal MSA*, vol. V, no. 2, pp. 14-22, 2017.
- [20] D. R. Santoso, *Pengukuran Stress Mekanik Berbasis Sensor Piezoelektrik: Prinsip Desain dan Implementasi*, Malang, 2017, p. 8.