

Sistem *Monitoring* Mutu Lingkungan Hidup Pada Kandang Larva *Black Soldier Fly* Terintegrasi Berbasis *Internet Of Things* (Iot)

1st Muhammad Tegas W
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
tegaswei@student.telkomuniversity.
ac.id

2nd Rizki Ardianto Priramadhi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rizkia@telkomuniversity.ac.id

3rd Istiqomah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
istiqomah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Budidaya larva *Black Soldier Fly* sedang meningkat karena selain dapat membantu mengurai limbah organik, larva BSF juga memiliki nilai ekonomis sebagai pakan ternak. Pertumbuhan larva BSF dipengaruhi oleh mutu lingkungan hidupnya. Suhu udara kandang, kelembaban pakan, dan kadar pH pakan yang kurang tepat dapat menurunkan hasil perkembangbiakan larva BSF. Pengembangbiak harus melakukan pengukuran agar dapat menganalisa mutu lingkungan hidup yang optimal untuk memaksimalkan pertumbuhan larva BSF. Tentunya akan cukup merepotkan jika pengukuran berkala dilakukan secara manual. Salah satu solusinya adalah merancang sistem monitoring yang ditempatkan pada kandang berbasis *Internet of Things* (IoT). Pada Tugas Akhir ini dirancang suatu sistem monitoring untuk mengetahui nilai mutu lingkungan hidup larva BSF. Data yang didapat dari hasil pembacaan sensor kemudian dikirim ke platform IoT Antares. Hasil pengujian sistem monitoring yang didapat untuk rata-rata akurasi sensor suhu udara SHT20 sebesar 99,51%, rata-rata akurasi sensor kelembaban SEN0193 sebesar 98,76%, dan rata-rata akurasi sensor pH sebesar 99,39%. Kemudian untuk hasil pengujian sistem komunikasi didapat nilai rata-rata throughput sebesar 2584 bps, rata-rata delay sebesar 1404 ms, dan tidak ada paket data yang hilang dalam pengiriman. Data tersebut dapat diakses melalui mobile app disertai keterangan tiap parameter mutu lingkungan hidup.

Kata Kunci: Larva BSF, Mutu Lingkungan Hidup, Monitoring, Internet of Things, Mobile App

Abstract

The cultivation of Black Soldier Fly larvae is increasing because apart from being able to help decompose organic waste, BSF larvae also have economic value as animal feed. The growth of BSF larvae is influenced by the quality of their environment. The air temperature of the cage, the humidity of the feed, and the inappropriate pH level of the feed can reduce the breeding yield of BSF larvae. Breeders must take measurements in order to analyze the optimal environmental quality to maximize the growth of BSF larvae. Of course, it will be quite inconvenient if periodic measurements are carried out manually. One solution is to design a monitoring system that is placed in an Internet of Things (IoT) based enclosure. In this final project, a monitoring system is designed to determine the environmental quality of BSF larvae. The data obtained from the sensor readings are then sent to the Antares IoT platform. The monitoring system test results obtained for the average accuracy of the SHT20 temperature sensor is 99.51%, the average accuracy of the SEN0193 capacitive soil moisture sensor is 98.76%, and the average pH sensor accuracy is 99.39%. Then for the results of the communication system test, the average throughput value is 2584 bps, the average delay is 1404 ms, and no data packets are lost in the delivery. The data can be accessed through a mobile app accompanied by a description of each environmental quality parameter.

Keywords: BSF Larvae, Environmental Quality, Monitoring, Internet of Things, Mobile App

I. PENDAHULUAN

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyebutkan jumlah sampah mencapai 36 juta ton/tahun pada tahun 2020 dengan 30,8% didominasi oleh sampah organik dari limbah buangan rumah tangga dan pasar tradisional [1]. Tanpa adanya upaya penanggulangan yang efektif, sampah organik tersebut semakin lama akan semakin menumpuk. Salah satu cara efisien untuk mengurai sampah organik adalah dengan memanfaatkan proses biodegradasi menggunakan mikroorganisme larva *Black Soldier Fly* atau disingkat larva BSF [2].

Larva BSF memiliki efektivitas dalam mengurai sampah organik ditunjukkan oleh laju konversi sampah menjadi biomassa larva hingga 25% dari berat basahnya [3]. Dari penguraian sampah organik tersebut, larva menyimpan cadangan protein yang didapat dari penyerapan nutrisi sampah organik mencapai $\pm 40\%$ dan $\pm 30\%$ lemak dan menjadikan larva BSF memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi karena baik digunakan sebagai pakan ternak.

Pertumbuhan larva BSF cukup dipengaruhi oleh mutu lingkungan hidupnya antara lain suhu udara pada kandang, kelembaban media, dan kadar pH media dimana media yang dimaksud adalah pakan larva BSF berupa cacahan sampah organik. Pengembangbiak harus melakukan pengukuran pada parameter tersebut agar dapat menganalisa mutu lingkungan hidup yang optimal untuk memaksimalkan pertumbuhan larva BSF. Tentunya akan cukup merepotkan jika pengukuran berkala dilakukan secara manual.

Alat yang dibuat berupa sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* dimana sensor akan membaca mutu lingkungan hidup larva BSF untuk kemudian data sensor dapat diakses pada *mobile app* dengan penambahan fitur manajemen waktu panen untuk mengetahui tanggal awal dan tanggal akhir siklus.

II. KAJIAN TEORI

a. *Black Soldier Fly*

Black Soldier Fly mengalami 5 siklus hidup namun hanya makan saat fase larva. Menjadikan selama fase perkembangan larva inilah mereka akan makan dengan sangat rakus lalu menyimpan cadangan protein dan lemak untuk bertahan hidup hingga fase pupa sampai menjadi lalat dan bertelur [3]. Larva aktif makan saat berumur 5 hari atau 5DOL hingga 10 sampai 12 hari selanjutnya atau 17DOL, fase inilah yang akan di-*monitoring* guna mendapatkan mutu lingkungan hidup yang optimal untuk memaksimalkan pertumbuhan larva BSF.

Larva baik dalam pengkonversian sampah organik menjadi biomassa larva dan memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi. Kemampuan larva BSF dalam mereduksi sampah organik dengan sangat baik dan besarnya kandungan nutrisi yang dihasilkan membuatnya banyak digunakan sebagai pakan ternak unggas dan ikan [4].

b. Mutu Lingkungan Hidup

Pertumbuhan larva BSF dipengaruhi mutu lingkungan hidupnya antara lain suhu pada kandang, kelembaban media, dan kadar pH media. Larva BSF akan mati pada lingkungan dengan suhu dibawah 7°C dan diatas 45°C . Suhu ideal untuk larva memaksimalkan proses pertumbuhan antara 30°C - 36°C dengan suhu optimum untuk mengkonsumsi makanan adalah 35°C . Kemudian, larva BSF tidak memiliki mulut untuk mengunyah, maka media atau pakan yang ideal harus memiliki kelembaban yang cukup antara 60%-90% agar mudah dicerna oleh larva BSF. Terakhir terdapat kadar pH pada media atau pakan yang dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi untuk larva BSF dimana media atau pakan dengan nilai pH 6.0-10.0 menghasilkan bobot akhir larva yang lebih berat dari pakan dengan nilai pH lebih rendah [5].

c. Sensor

Sensor dapat diartikan sebagai komponen yang mengubah suatu besaran fisis ke besaran elektrik agar dapat dianalisa dengan suatu rangkaian listrik. Sensor digunakan untuk

melakukan *sensing* atau menangkap adanya perubahan energi eksternal yang masuk ke bagian *transducer* lalu perubahan kapasitas energi yang ditangkap akan dikonversi menjadi energi listrik. Beberapa sensor yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sensor suhu udara SHT20, sensor kelembaban tanah SEN0193, dan sensor pH tanah.

d. Internet of Things (IoT)

Internet of Things adalah sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. IoT bekerja atas algoritma-algoritma pemrograman yang dibangun oleh manusia dan akan menghasilkan sebuah perintah serta interaksi antar sesama perangkat yang telah terhubung. Penghubung antar kedua interaksi perangkat ini adalah internet, peran manusia disini hanya pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut [6].

Pada penelitian ini, penulis menggunakan Antares sebagai *database* atau IoT platform untuk menyimpan data-data dari sensor. Selanjutnya, Antares dihubungkan dengan aplikasi yang dibuat menggunakan MIT App Inventor agar data sensor yang tersimpan dapat diakses dan dilihat melalui *mobile app* secara *real-time* dari jarak jauh.

e. Quality of Service (QoS)

Quality of Service adalah suatu metode pengukuran serta perhitungan kualitas sebuah jaringan yang digunakan serta usaha dalam mendefinisikan model suatu jaringan. Beberapa parameter yang digunakan mengukur QoS adalah *throughput*, *packetloss*, *delay*, dan *jitter* [7]. Metode ini digunakan untuk mengukur pengiriman data menggunakan API HTTP dari ESP32 ke Antares. Setiap parameter akan diklasifikasi menurut standar TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) dimana standar ini umum dan banyak digunakan dalam pengujian kualitas jaringan.

1. Throughput

Throughput adalah kecepatan transfer atau pertukaran data efektif yang diukur dalam bps (bit per second). *Throughput* dapat diperoleh dengan menghitung jumlah

keseluruhan data yang berhasil diterima dalam selang waktu tertentu.

Kategori Throughput	Throughput (bps)	Indeks
Sangat Bagus	100	4
Bagus	75	3
Sedang	50	2
Jelek	< 25	1

2. Packet Loss

Packet Loss merupakan suatu parameter kondisi yang menunjukkan jumlah dari total data yang hilang dalam suatu komunikasi data di sebuah jaringan.

Kategori Packet Loss	Packet Loss (%)	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	3	3
Sedang	15	2
Jelek	25	1

3. Delay

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuk jarak dari titik sumber ke titik tujuan. *Delay* dapat terpengaruh oleh beberapa faktor diantaranya jarak, media fisik, maupun waktu proses yang lama.

Kategori Delay	Delay (ms)	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

4. Jitter

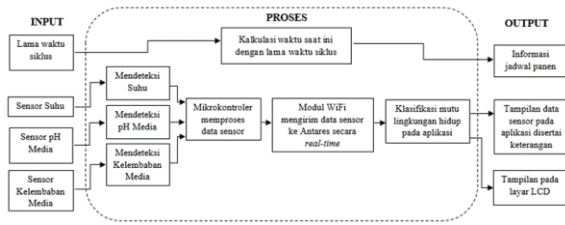
Jitter dapat dikatakan sebagai variasi waktu kedatangan paket data. *Jitter* berhubungan dengan *delay* karena memperlihatkan banyaknya variansi *delay* pada pengiriman paket data di jaringan.

Kategori Jitter	Jitter (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 s/d 75 ms	3
Sedang	75 s/d 125 ms	2
Jelek	125 s/d 225 ms	1

III. METODE

a. Diagram Blok Sistem

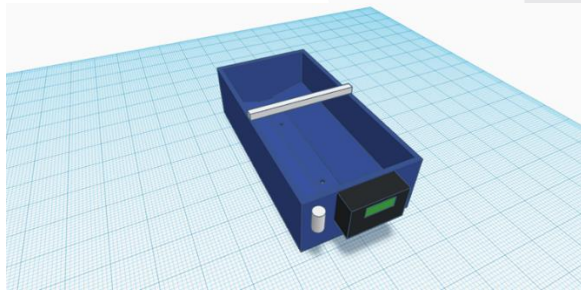
Gambar berikut adalah diagram blok sistem pada alat ini.



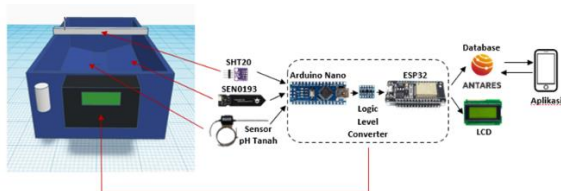
Gambar 1. Flowchart Sistem

Pada sistem *monitoring* ini, alat akan mendeteksi 3 mutu lingkungan hidup larva BSF. Masing-masing sensor yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler akan mendeteksi suhu udara kandang, kelembaban media, dan kadar pH media. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem merupakan otak utama dari sistem yang berperan menerima data dari sensor yang setelahnya akan diproses agar memberikan keluaran untuk disampaikan ke pengguna. Dengan menggunakan komunikasi serial, data dari mikrokontroler dikirim ke ESP32 sebelum akhirnya data diupload ke Antares sebagai IoT Platform. Antares dihubungkan dengan *mobile app* sehingga pengguna dapat melihat data sensor beserta keterangan tiap parameter. Pada *mobile app* terdapat fitur untuk pengguna mengatur waktu siklus yang kemudian dapat mengetahui tanggal awal dan tanggal panen siklus tersebut.

b. Desain Perangkat Keras



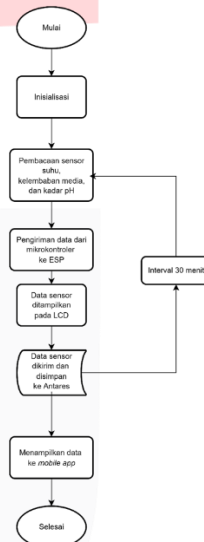
Gambar 2. Desain 3D



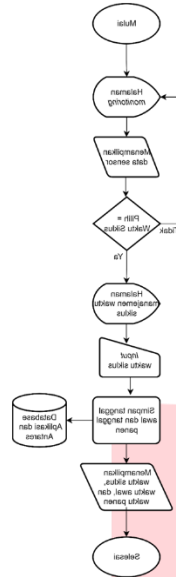
Gambar 3. Desain Perangkat Keras

Gambar diatas merupakan desain alat keseluruhan dari penulis yang akan dibuat. Sensor yang akan digunakan pada sistem *monitoring* adalah sensor suhu SHT20, sensor kelembaban kapasitif SEN0193, dan sensor pH tanah. Sensor suhu udara ditempatkan pada balok putih menghadap ke bawah dengan jarak 5cm-10cm diatas media atau pakan untuk menangkap suhu kandang, sedangkan sensor kelembaban dan sensor pH ditancapkan pada media (pakan larva BSF yang berasal dari cacahan sampah organik). Nilai yang didapat dari sensor akan tampil pada LCD yang terletak di kandang sekaligus pada *mobile app* sehingga pengguna dapat mengakses dimanapun dan kapanpun.

c. Flowchart



Gambar 4. Flowchart Sistem



Gambar 5. Flowchart Aplikasi

Berikut adalah diagram alir dari sistem *monitoring*. Sistem akan dimulai dengan menginisialisasi seluruh port serial dari sensor dan modul yang digunakan. Setelah itu sensor akan mulai mendeteksi suhu udara pada kandang, kelembaban media atau pakan, dan kadar pH media atau pakan. Lalu nilai yang didapat sensor akan diteruskan ke mikrokontroler sehingga sinyal analog yang diterima diubah menjadi sinyal digital. Setelah diproses di mikrokontroler, data sensor dikirim ke ESP32 melalui serial komunikasi untuk kemudian di-*upload* ke Antares IoT Platform sebagai *database*.

Kemudian, *database* dihubungkan dengan *mobile app* sehingga pengguna dapat mengakses data sensor beserta informasi mutu lingkungan hidup larva BSF dimanapun dan kapanpun. Selain itu, terdapat fitur manajemen waktu pada aplikasi dimana pengguna dapat mengatur lama waktu siklus dan menyimpan tanggal awal serta tanggal panen.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk melihat keberhasilan alat dan seberapa baik kualitas dari sistem dalam memenuhi tujuan dan menyelesaikan permasalahan yang sudah ditentukan. Uji coba sistem secara keseluruhan dilakukan dengan mengambil data dari kandang larva BSF yang ditempatkan di Rumah

Pemulihan Material (RPM) Waste4Change selama 11 hari.

a. Realisasi Alat



Gambar 6. Realisasi Alat pada Kandang Larva BSF

Pada gambar diatas terlihat hasil realisasi alat yang sudah dirancang penulis. Proses dimulai dari menuang 10kg media atau sumber makanan larva BSF dari cacahan sampah organik. Setelahnya, menebar larva berumur 5 hari sebagai 6.5gram pada permukaan media secara merata. Kemudian penulis memastikan keseluruhan sistem terhubung dengan baik dan *Environment Sensor Box* dihidupkan untuk memulai proses *monitoring*. Pengujian sistem dilakukan selama 11 hari dengan interval pembacaan sensor per 30 menit.



Gambar 7. Error Pembacaan Sensor Kelembaban

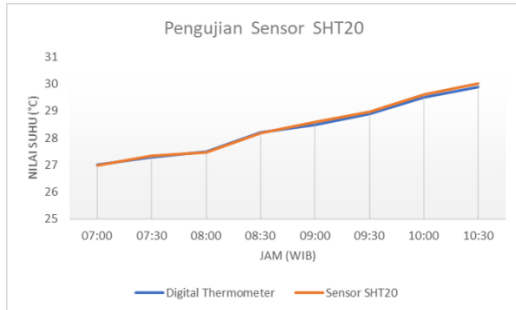
Saat memasuki hari ke-5 pengujian sistem terjadi *error* pada sensor kelembaban dikarenakan terdapat larva BSF yang menempel pada bagian sensor yang menyebabkan pembacaan sensor tidak stabil hingga akhirnya mengalami kerusakan.

b. Hasil Pengujian Alat

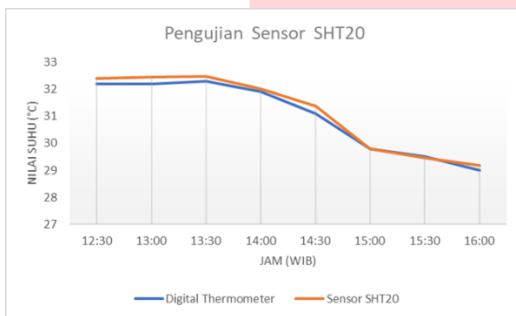
c. Hasil Pengujian Sensor Suhu Udara

Pada pengujian ini, penulis melakukan percobaan dengan mengaktifkan rangkaian pada sistem *monitoring* dan mencatat nilai keluaran suhu yang dibaca oleh sensor SHT20 serta mencatat nilai keluaran suhu yang dibaca oleh *Digital Thermometer* pada waktu yang bersamaan. Keduanya diletakkan bersebelahan agar nilai pembacaan tidak jauh berbeda. Sebelum pengujian dimulai, sensor SHT20 dan *Digital Thermometer* diletakkan di tempat

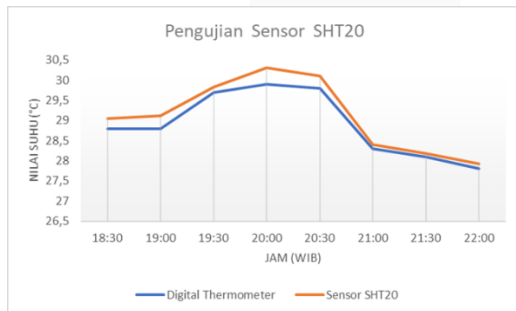
pengujian selama 2 jam untuk beradaptasi dengan suhu udara lingkungan. Pengambilan data dilakukan pada pagi, siang, dan malam hari dengan interval pembacaan sensor per 30 menit.



Gambar 8. Grafik Pengujian SHT20 Waktu Pagi



Gambar 9. Grafik Pengujian SHT20 Waktu Siang dan Sore



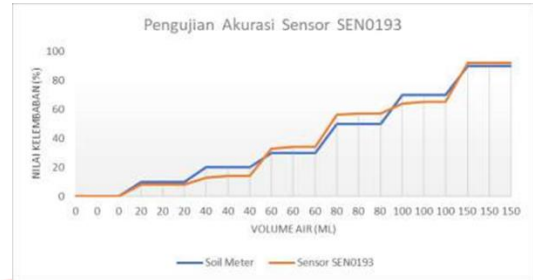
Gambar 10. Grafik Pengujian SHT20 Waktu Malam

Pengujian dilakukan di area terbuka rumah penulis. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata akurasi dari sensor suhu SHT20 sebesar 99,51%. Karena tingginya akurasi yang didapat saat pengujian, maka sensor layak digunakan.

d. Hasil Pengujian Sensor Kelembaban

Pada pengujian ini penulis melakukan percobaan dengan mengukur kelembaban tanah pada kondisi yang berbeda-beda. Pengujian akurasi sensor SEN0193 diawali dengan menyiapkan tanah kering, kemudian

memberikan air secara bertahap agar terjadi peningkatan kelembaban mulai dari 10% sampai 100% dan mencatat nilai yang terbaca oleh *Soil Meter 3 in 1*.

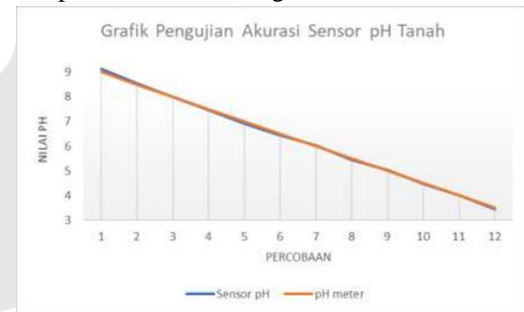


Gambar 11. Grafik Pengujian Sensor Kelembaban Tanah SEN0193

Pengujian dilakukan dengan membandingkan sensor kelembaban dengan *Soil Meter 3 in 1* dengan pengambilan data pada 3 titik berbeda. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata akurasi sensor yaitu sebesar 98,76%. Karena tingginya akurasi yang didapat saat pengujian maka sensor layak digunakan.

e. Hasil Pengujian Sensor pH

Pada pengujian ini penulis melakukan perbandingan nilai sensor dengan nilai pH Meter untuk mendapatkan nilai akurasi sensor. Percobaan dilakukan dengan mengukur tanah yang telah diberi larutan asam dan tanah yang telah diberi larutan basa menggunakan sensor dan pH meter secara bergantian.



Gambar 12. Grafik Pengujian Akurasi Sensor pH Tanah

Dihasilkan nilai rata-rata akurasi dari percobaan perbandingan sensor pH dengan pH meter sebesar 99,39%. Karena tingginya akurasi yang didapat saat pengujian, maka sensor layak digunakan.

f. Hasil Pengujian Sistem Komunikasi

Pengujian sistem komunikasi dengan perhitungan *Quality of Service* dilakukan dengan

perhitungan manual dan juga *software WireShark* untuk mendapatkan nilai *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* dan menyimpulkan kualitas kinerja perangkat IoT yang digunakan. Penulis menggunakan standar klasifikasi versi TIPHON dalam menentukan kualitas dari tiap parameter. Pengujian dilakukan di daerah ditematkannya alat *monitoring* yaitu di Komplek Kantor Waste4Change Vida Bumipala, Kecamatan Mustika Jaya, Kota Bekasi, Jawa Barat.

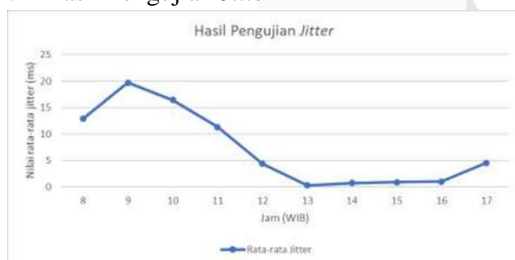
g. Hasil Pengujian *Delay Time*



Gambar 13. Grafik Pengujian Delay Time

Pengujian dilakukan selama waktu operasional Rumah Pemulihan Material Waste4Change yaitu pukul 8 pagi hingga 5 sore. Pengujian menghasilkan nilai rata-rata *delay* dari 30 paket data dalam interval waktu setiap 1 jam untuk melihat proses komunikasi pengiriman data dari ESP32 ke Antares. Didapatkan nilai rata-rata *delay* sebesar 1404 ms, pengujian ini tergolong dalam kategori jelek.

h. Hasil Pengujian *Jitter*

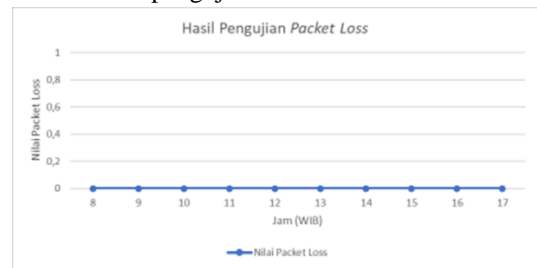


Gambar 14. Grafik Pengujian *Jitter*

Pengujian dilakukan selama waktu operasional Rumah Pemulihan Material Waste4Change yaitu pukul 8 pagi hingga 5 sore. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan 30 paket data dalam interval waktu setiap 1 jam untuk melihat proses komunikasi pengiriman data dari ESP32 ke Antares. Didapatkan nilai rata-rata *jitter* sebesar 7,216 ms, pengujian ini tergolong dalam kategori baik dan menandakan

kapasitas jaringan yang ada sudah cukup sehingga kerusakan informasi dalam pengiriman dapat dihindari.

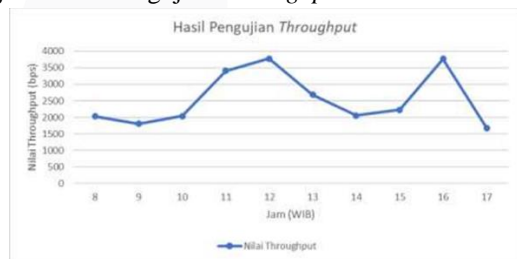
i. Hasil pengujian *Packet Loss*



Gambar 15. Grafik Pengujian *Packet Loss*

Pengujian dilakukan selama waktu operasional Rumah Pemulihan Material Waste4Change yaitu pukul 8 pagi hingga 5 sore. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan 30 paket data dalam interval waktu setiap 1 jam dan didapatkan tidak ada paket data yang hilang karena semua data berhasil diterima dengan baik, pengujian ini termasuk dalam kategori sangat bagus.

j. Hasil Pengujian *Throughput*

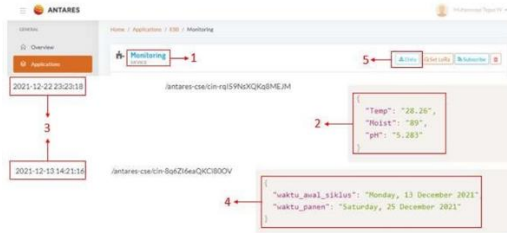


Gambar 16. Grafik Pengujian *Throughput*

Pengujian dilakukan selama waktu operasional Rumah Pemulihan Material Waste4Change yaitu pukul 8 pagi hingga 5 sore dengan mengirimkan 30 paket data dalam interval waktu pengujian setiap 1 jam dan didapatkan rata-rata nilai kecepatan transfer data sebesar 2548 bps. Pengujian ini termasuk dalam kategori sangat bagus dan menandakan bahwa data yang dikirim dalam selang waktu tertentu berhasil dengan kecepatan transfer yang efektif.

k. Tampilan

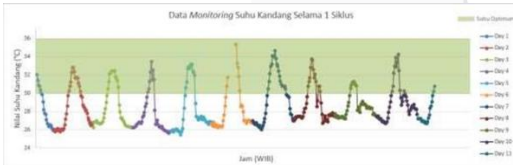
l. Hasil Tampilan Pada Antares



Gambar 17. Tampilan pada Antares

Pada gambar diatas dapat terlihat tampilan pada Antares sebagai IoT Platform yang digunakan penulis. Setelah membuka website dan berhasil login menggunakan email terdaftar, penulis menemukan *application* dan *device* yang digunakan pada nomor 1. Data yang dikirim dari ESP32 akan ditampilkan secara *real-time* dan dapat terlihat seperti pada nomor 2 dengan tampilan waktu seperti pada nomor 3. Lalu pada nomor 4 merupakan tampilan data tanggal awal siklus dan tanggal waktu panen yang didapatkan dari *mobile app*. Data yang tersimpan tersebut dapat diunduh dengan format *json* dengan menekan tombol yang terlihat pada nomor 5.

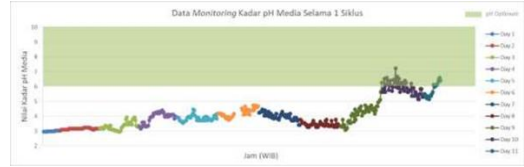
Data yang diunduh dari Antares dengan format *json* dapat dikonversi menjadi file XLSX dan kemudian diakses untuk dijadikan file acuan dalam menganalisa mutu lingkungan hidup pada kandang larva BSF tiap siklusnya. Berikut adalah data hasil pengujian sistem *monitoring* selama 1 siklus yang disajikan dalam bentuk grafik.



Gambar 18. Grafik Monitoring Suhu Kandang



Gambar 19. Grafik Montiroing Kelembaban Media atau Pakan



Gambar 20. Grafik Monitoring Kadar pH Media atau Pakan

i. Hasil Tampilan *Mobile App*



Gambar 21. Tampilan Layar Utama pada *mobile app*

Gambar diatas memperlihatkan tampilan awal dari *mobile app* yang telah dirancang dan didesain menggunakan website MIT App Inventor. Logo aplikasi dapat dilihat seperti pada nomor 1 dan dapat diklik untuk langsung melihat data hasil *monitoring*. Pada layar utama akan terlihat data nilai suhu kandang pada nomor 3, nilai kelembaban media atau pakan pada nomor 4, dan nilai kadar pH media atau pakan pada nomor 5. Masing-masing data nilai yang ditampilkan disertai keterangan sesuai klasifikasi yang ada. Terdapat tiga tombol dengan masing-masing fitur pada bagian bawah.

Tombol waktu siklus yang tertera pada nomor 6 akan menghubungkan ke halaman seperti pada gambar berikut.



Gambar 22. Tampilan Layar Waktu Siklus pada mobile app

Setelah melakukan *set up* media dan larva 5DOL pada kandang, pengguna dapat mengisi waktu siklus yang diinginkan dan menekan tombol *set* seperti pada nomor 7 untuk memulai waktu siklus. Secara bersamaan, sistem akan menyimpan serta menampilkan lama waktu siklus seperti pada nomor 9, tanggal waktu awal siklus seperti pada nomor 11 dan tanggal waktu panen seperti pada nomor 12. Kemudian, terdapat notifikasi saat waktu panen tersisa kurang dari 2 hari seperti pada nomor 13. Setelah dilakukan survey kepada pengguna aplikasi, didapatkan tampilan halaman manajemen waktu panen sudah cukup informatif sebagai pengingat waktu panen.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, didapatkan kesimpulan sistem *monitoring* yang dirancang dapat menampilkan pembacaan sensor dengan nilai rata-rata akurasi sensor suhu SHT20 sebesar 99,51%, sensor kelembaban SEN0193 sebesar 98,76%, dan sensor pH tanah sebesar 99,39%. Kemudian, hasil pengujian sistem komunikasi data sensor dari ESP32 ke Antares didapat nilai rata-rata kecepatan transfer data sebesar 2598 bps, dengan rata-rata *delay* sebesar 1404 ms, dan tidak ada paket data yang hilang dalam pengiriman. Data sensor dapat dilihat melalui *mobile app* disertai keterangan tiap parameternya dengan fitur manajemen waktu panen untuk mempermudah mengingat waktu panen.

REFERENSI

[1] "SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional." <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/> (accessed May 12, 2021).

[2] A. Yahya, R. Maulana, and E. Setiawan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Klasifikasi Lingkungan Hidup Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia Illucens*) dengan Metode K- Nearest Neighbor (K-NN)," vol. 4, no. 6, pp. 1693–1701, 2020.

[3] B. Dortmundans, S. Diener, B. Verstappen, and C. Zurbrugg, *Black Soldier Fly Biowaste Processing*. 2017.

[4] L. Monita, S. H. Sutjahjo, A. A. Amin, and M. R. Fahmi, "PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK PERKOTAAN MENGGUNAKAN LARVA BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) Municipal Organic Waste Recycling Using Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*)," *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 7, no. 3, pp. 227–234, 2017, doi: 10.19081/jpsl.2017.7.3.227.

[5] M. Meneguz, L. Gasco, and J. K. Tomberlin, "Impact of pH and feeding system on black soldier fly (*Hermetia illucens*, L; Diptera: Stratiomyidae) larval development," *PLoS One*, vol. 13, no. 8, pp. 1–15, 2018, doi: 10.1371/journal.pone.0202591.

[6] Z. Mindriawan, I. W. A. Arimbawa, and I. G. P. S. Wijaya, "Implementasi Internet of Things Pada Sistem Monitoring Suhu dan Kontrol Air Pada Kandang Burung Puyuh Petelur dengan Menggunakan Protokol MQTT," *Univ. Mataram Repos.*, pp. 1–8, 2018, [Online]. Available: <http://eprints.unram.ac.id/11498/>.

[7] M. Purwahid and J. Triloka, "Analisis Quality of Service (QOS) Jaringan Internet Untuk Mendukung Rencana Strategis Infrastruktur Jaringan Komputer Di SMK N I Sukadana," *Jtksi*, vol. 2, no. 3, pp. 100–109, 2019, [Online]. Available: <https://ojs.stmikpringsewu.ac.id/index.php/jtksi/article/view/778/>.