

INTEGRASI INTERNET OF THINGS KE DATABASE UNTUK SISTEM MONITORING (STUDI KASUS: UMKM BUDIDAYA JAMUR TIRAM BAROKAH)

1st Arya Putra Adyartama
Information System
Telkom University
Bandung, Indonesia
aryapaa@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Ekky Novriza Alam
Information System
Telkom University
Bandung, Indonesia
ekkyovrizalam@telkomuniversity.ac.id

3rd Sinung Suakanto
Information System
Telkom University
Bandung, Indonesia
sinung@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — UMKM Budidaya Jamur Tiram Barokah menghadapi tantangan dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembapan kumbung karena proses pemantauan masih dilakukan secara manual dan tidak terdokumentasi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu membaca suhu, kelembapan, dan mengambil gambar pertumbuhan jamur secara otomatis, lalu mengintegrasikan data ke dalam database cloud secara real-time. Sistem menggunakan dua Raspberry Pi Zero 2W yang masing-masing berfungsi untuk mengakuisisi data sensor DHT11 dan citra kamera Raspberry Pi Camera Module 3. Data disimpan ke Aiven PostgreSQL dan Firebase menggunakan protokol HTTP, dengan proses otomatisasi berbasis crontab dan PM2. Evaluasi dilakukan menggunakan metode Mean Absolute Error (MAE) terhadap 38 sampel data, dengan hasil MAE sebesar 1,38°C untuk suhu dan 6,26% RH untuk kelembapan. Hasil menunjukkan bahwa sistem dapat menjadi solusi awal yang efektif dan terjangkau untuk membantu pelaku UMKM dalam meningkatkan efisiensi pemantauan lingkungan budidaya jamur.

Kata kunci — internet of things, budidaya jamur tiram, raspberry pi, dht11, sistem monitoring otomatis

I. PENDAHULUAN

UMKM Budidaya Jamur Tiram Barokah merupakan salah satu pelaku usaha mikro di bidang budidaya jamur yang berlokasi di Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung. Sejak berdiri pada tahun 2020, UMKM ini secara konsisten melakukan budidaya jamur tiram putih dan coklat untuk konsumsi lokal dan didistribusikan ke mitra pengolah makanan. Usaha ini dijalankan secara mandiri oleh pemilik dan keluarga dengan memanfaatkan kumbung sederhana. Di tengah tingginya permintaan pasar terhadap jamur tiram yang memiliki nilai gizi tinggi dan bersifat musiman, menjaga kestabilan kondisi lingkungan di kumbung menjadi tantangan utama bagi pelaku usaha [1].

Pada praktiknya, pemantauan suhu dan kelembapan lingkungan di UMKM Budidaya Jamur Tiram Barokah masih dilakukan secara manual sebanyak dua kali dalam sehari, yaitu pada pagi dan sore hari. Tidak ada pencatatan sistematis terhadap kondisi lingkungan harian, sehingga proses pemantauan hanya mengandalkan pengalaman dan intuisi petani. Kondisi ini sejalan dengan temuan [2], yang

menyebutkan bahwa sebagian besar petani jamur masih menggunakan pendekatan manual tanpa dukungan sistem informasi yang terstruktur. Padahal, suhu dan kelembapan memiliki pengaruh krusial terhadap keberhasilan pertumbuhan jamur tiram, di mana fluktuasi yang tidak terpantau dapat menyebabkan pertumbuhan tidak merata atau bahkan kegagalan panen [3].

Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik usaha, proses pemantauan suhu dan kelembapan yang dilakukan secara manual dirasa masih belum optimal dan cenderung menyulitkan pengambilan keputusan yang akurat dalam pengelolaan lingkungan budidaya. Hal ini diperkuat oleh [4], yang menyatakan bahwa metode pemantauan manual sering menghasilkan data yang kurang akurat dan tidak konsisten, sehingga tidak optimal untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Pendekatan yang bergantung pada intuisi ini menyulitkan petani dalam melakukan evaluasi berbasis historis, terutama dalam mengidentifikasi pola lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan jamur. Dengan meningkatnya kebutuhan efisiensi dan potensi ekspansi usaha di masa depan, dibutuhkan solusi yang tidak hanya membantu proses pemantauan secara teknis, tetapi juga mendukung peningkatan produktivitas melalui pemanfaatan data [5].

Teknologi Internet of Things (IoT) menjadi salah satu pendekatan strategis dalam mengatasi permasalahan tersebut. IoT memungkinkan integrasi sensor dan kamera ke dalam sistem pemantauan lingkungan yang terhubung dengan database cloud secara otomatis dan real-time. Pendekatan ini memfasilitasi pencatatan suhu, kelembapan, dan visualisasi pertumbuhan jamur secara terjadwal, serta menyediakan basis data terstruktur yang dapat digunakan dalam evaluasi dan pengambilan keputusan berbasis data [6], [7].

Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem pemantauan berbasis IoT yang dapat secara otomatis memperoleh data suhu, kelembapan, dan citra gambar jamur tiram, lalu mengintegrasikannya ke dalam sistem penyimpanan data terpusat berbasis cloud. Studi dilakukan sebagai bentuk kolaborasi dengan UMKM Budidaya Jamur Tiram Barokah yang bersedia berperan sebagai mitra dalam proses eksperimen sistem. Ruang lingkup sistem dibatasi hanya pada proses akuisisi dan integrasi data, tanpa mencakup fitur kontrol otomatis maupun visualisasi dashboard. Sistem ini diharapkan dapat membantu

pelaku UMKM dalam melakukan pemantauan lingkungan secara lebih efisien, terstruktur, dan terdokumentasi.

II. KAJIAN TEORI

A. Jamur Tiram

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan komoditas hortikultura bernilai tinggi yang memiliki kandungan protein, serat, dan senyawa bioaktif dengan manfaat kesehatan seperti menurunkan kolesterol serta meningkatkan sistem imun [8]. Proses budidaya jamur ini memerlukan lingkungan yang stabil, khususnya dalam hal suhu dan kelembapan. Menurut [9], jamur tiram memiliki tiga fase pertumbuhan, yaitu miselium (24–29°C, 90–100%RH), primordia (21–27°C, 90–100%RH), dan tubuh buah (21–28°C, 90–95%RH). Ketidaksihesuaian pada parameter ini dapat menyebabkan keterlambatan panen atau bahkan kegagalan produksi [10].

B. Internet of Things

IoT adalah jaringan perangkat yang mampu mengumpulkan, mentransfer, dan bertindak berdasarkan data melalui konektivitas internet. Dalam bidang pertanian, IoT banyak digunakan untuk mendukung pertanian presisi, termasuk pemantauan suhu, kelembapan, pencahayaan, dan gas [11]. Menurut [12], penggunaan IoT pada budidaya jamur tiram meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi intervensi manual, dan memungkinkan monitoring jarak jauh yang mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

C. Komponen Utama Sistem

Realisasi sistem pemantauan berbasis IoT yang diusulkan membutuhkan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak yang dapat saling terintegrasi secara efisien. Pemilihan komponen dilakukan berdasarkan aspek kompatibilitas, efisiensi daya, serta kemampuan pemrosesan dan penyimpanan data secara real-time. Berikut adalah komponen-komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem:

1. Raspberry Pi Zero 2W

Raspberry Pi Zero 2W merupakan komputer mini berukuran ringkas yang memiliki konsumsi daya rendah dan kompatibilitas tinggi dengan berbagai aplikasi IoT. Perangkat ini mampu menjalankan sistem operasi Linux dan bahasa pemrograman Python, menjadikannya fleksibel untuk pengembangan sistem berbasis sensor dan kamera. Raspberry Pi Zero 2W juga memiliki performa pemrosesan yang cukup untuk mengelola akuisisi dan pengiriman data secara otomatis, menjadikannya pilihan ideal untuk proyek yang memerlukan efisiensi energi dan konektivitas nirkabel [13], [14].

2. Sensor DHT11

DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara secara bersamaan. Sensor ini menggunakan termistor tipe NTC untuk suhu dan komponen resistif untuk kelembapan, serta dilengkapi dengan mikrokontroler 8-bit sebagai pemroses data. Meskipun tingkat akurasi lebih rendah dibandingkan DHT22, DHT11 memiliki jangkauan pengukuran yang sudah memadai untuk lingkungan

budidaya jamur tiram dan memiliki keunggulan dalam harga, kemudahan integrasi, serta konsumsi daya rendah [12], [15].

3. Raspberry Pi Camera Module 3

Kamera digital yang dirancang khusus untuk perangkat Raspberry Pi, dengan dukungan fitur autofocus dan sensitivitas cahaya tinggi. Modul ini mampu menghasilkan gambar beresolusi tinggi bahkan dalam kondisi pencahayaan rendah, sehingga cocok untuk dokumentasi visual pertumbuhan jamur. Integrasi dengan perangkat lunak Python memungkinkan pengambilan gambar secara terjadwal dan pengunggahan otomatis ke platform penyimpanan berbasis cloud [16].

4. Aiven PostgreSQL

Platform cloud database berbasis open-source PostgreSQL yang digunakan untuk menyimpan data numerik seperti suhu dan kelembapan. Aiven dipilih karena menyediakan layanan terkelola penuh dengan fitur replikasi, backup otomatis, dan kemudahan integrasi dengan bahasa pemrograman Python dan Node.js [17].

5. Firebase

Platform Backend-as-a-Service milik Google yang digunakan untuk menyimpan gambar hasil tangkapan kamera. Firebase memiliki fitur Realtime Database dan Firebase Storage yang memungkinkan pengunggahan gambar dan pengambilan tautan (URL) secara otomatis dan terintegrasi dalam sistem monitoring [18].

D. Metode Pengujian Sistem

Untuk memastikan sistem bekerja dengan baik, dilakukan dua jenis pengujian: unit testing dan integration testing. Unit testing berfokus pada pengujian masing-masing komponen secara terpisah, seperti validasi data dari sensor dan kamera [19]. Integration testing menguji alur proses end-to-end, mulai dari pengambilan data hingga penyimpanan ke dalam database, serta menilai kestabilan sistem saat dijalankan secara otomatis [20].

Dengan dasar teori di atas, sistem yang dibangun pada penelitian ini diharapkan tidak hanya valid secara teknis, tetapi juga relevan dengan kebutuhan aktual petani dan praktik pertanian presisi berbasis IoT.

III. METODE

A. Desain Sistem

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa eksperimental untuk merancang dan mengevaluasi sistem Internet of Things (IoT) yang digunakan dalam pemantauan budidaya jamur tiram. Model pengembangan perangkat lunak yang digunakan adalah model *Waterfall*, sesuai untuk sistem dengan kebutuhan yang telah ditentukan secara jelas dari awal [21]. Tahapan dalam model ini meliputi analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi.

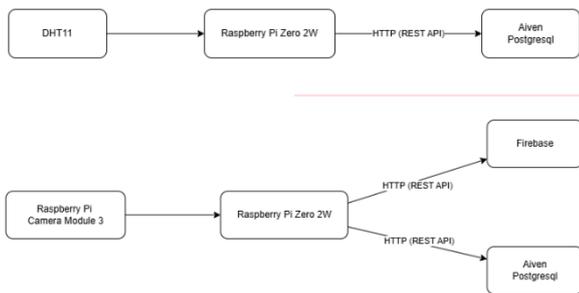
Penentuan kebutuhan dilakukan melalui observasi langsung selama dua hari dan wawancara dengan pemilik UMKM Budidaya Jamur Tiram Barokah. Hasil pengumpulan

data ini digunakan untuk merumuskan kebutuhan fungsional sistem, seperti pemantauan suhu, kelembapan, dan pengambilan citra pertumbuhan jamur secara otomatis dan terjadwal.

B. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem terdiri atas dua Raspberry Pi Zero 2W yang bertugas secara terpisah namun saling mendukung dalam sistem monitoring. Raspberry Pi pertama digunakan untuk membaca data suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT11, sedangkan Raspberry Pi kedua digunakan untuk mengambil gambar jamur tiram dengan kamera Raspberry Pi Camera Module 3.

Data dari sensor dikirimkan secara real-time ke basis data Aiven PostgreSQL, sementara gambar dikirim ke Firebase. Hanya tautan gambar yang disimpan kembali ke database utama untuk memudahkan pengelolaan data.



Gambar 1 Arsitektur Sistem

C. Spesifikasi Perangkat

Spesifikasi komponen utama yang digunakan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Perangkat

No	Perangkat	Kategori	Fungsi Utama
1	Raspberry Pi Zero 2W	Hardware	Pengendali utama sistem IoT dan pengolahan data
2	Sensor DHT11	Hardware	Mengukur suhu dan kelembapan lingkungan kumbung jamur
3	Raspberry Pi Camera Module 3	Hardware	Mengambil gambar visual pertumbuhan jamur tiram
4	Python	Software	Mengendalikan sensor dan pengolahan data sensor
5	Node.js	Software	Mengirimkan data ke database secara real-time
6	Aiven PostgreSQL	Software	Database cloud untuk penyimpanan data utama
7	Firestore	Software	Penyimpanan gambar dan pembuatan link akses untuk gambar jamur

D. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen IoT bekerja sesuai fungsinya dan dapat terintegrasi secara menyeluruh. Pengujian dibagi menjadi dua tahap, yaitu pengujian unit dan pengujian integrasi. Pengujian unit dilakukan pada sensor DHT11 dan modul kamera Raspberry Pi secara terpisah untuk memverifikasi fungsi dasar masing-masing. Sensor diuji terhadap alat ukur suhu dan kelembapan digital, sedangkan kamera dievaluasi melalui proses pengambilan gambar dalam kondisi standar.

Selanjutnya, pengujian integrasi dilakukan untuk menilai bagaimana sistem bekerja secara utuh, mulai dari akuisisi data, pengiriman ke platform cloud, hingga penyimpanan di

basis data. Pengujian ini bertujuan mengevaluasi konsistensi proses otomatisasi dan memastikan bahwa tidak terjadi gangguan alur data selama sistem berjalan [19], [22].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Tahap implementasi diawali dengan instalasi sistem operasi Raspberry Pi OS (64-bit) pada perangkat Raspberry Pi Zero 2W yang digunakan. Akses ke perangkat dilakukan melalui SSH, yang memungkinkan konfigurasi sistem dilakukan secara jarak jauh. Dua unit Raspberry Pi digunakan secara terpisah: Raspberry Pi pertama digunakan untuk membaca data suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT11, sedangkan Raspberry Pi kedua digunakan untuk mengambil gambar jamur tiram menggunakan Raspberry Pi Camera Module 3.

B. Pengambilan Data Otomatis

Sistem pemantauan yang dikembangkan dirancang untuk mengumpulkan data secara otomatis tanpa intervensi manual, sesuai dengan konfigurasi jadwal yang telah ditentukan. Unit pertama Raspberry Pi Zero 2W secara konsisten membaca data suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT11 setiap 10 menit, sedangkan unit kedua mengambil gambar kondisi jamur tiram satu kali setiap hari pada pukul 06:30 WIB menggunakan Raspberry Pi Camera Module 3. Seluruh proses akuisisi data ini dijalankan oleh skrip Python yang diatur melalui crontab, dan dikendalikan secara berkelanjutan dengan PM2 untuk menjaga stabilitas proses.

Data numerik suhu dan kelembapan yang diperoleh dikirimkan secara otomatis ke layanan Aiven PostgreSQL melalui endpoint API, yang telah dirancang untuk menerima dan mencatat data ke dalam tabel sesuai skema yang ditentukan. Sementara itu, gambar hasil tangkapan kamera dikirim ke Firebase Storage, dan URL hasil unggahan dicatat kembali ke PostgreSQL agar dapat diakses bersamaan dengan data numerik terkait. Sistem ini menghasilkan lebih dari 4000 entri data selama periode uji coba, yang menunjukkan keberhasilan dalam melakukan akuisisi data real-time dengan frekuensi tinggi dan kontinuitas yang baik.

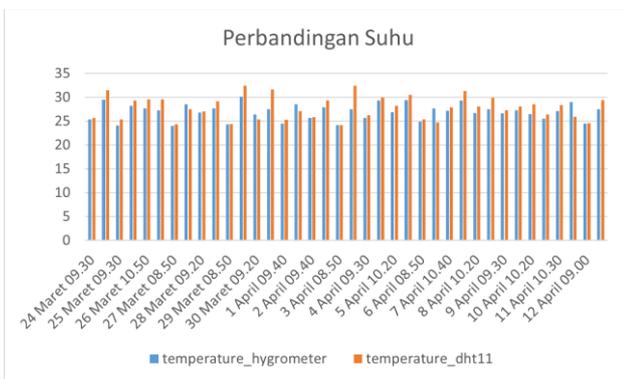
Data yang dikumpulkan mengikuti format terstruktur, di mana setiap entri mencakup informasi waktu, suhu, kelembapan, serta tautan gambar. Contoh hasil citra gambar yang diperoleh secara otomatis dari sistem ditampilkan pada Gambar 5, yang memperlihatkan kondisi pertumbuhan jamur tiram. Fitur ini memungkinkan petani atau operator sistem untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan dan perkembangan visual secara bersamaan, tanpa harus hadir secara fisik di lokasi.



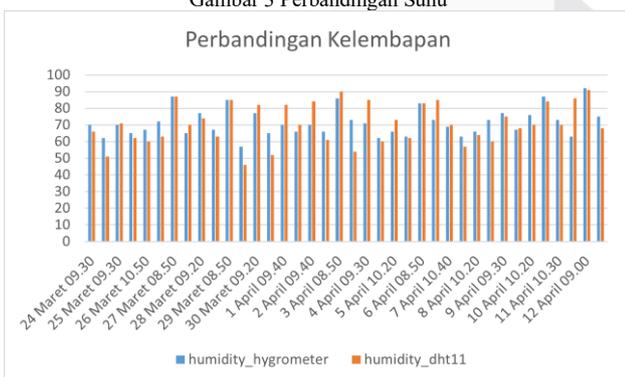
Gambar 2 Contoh Hasil Tangkapan Gambar Jamur Tiram

C. Validasi Sensor DHT11

Pengujian unit dilakukan untuk menilai akurasi sensor DHT11 sebelum digunakan dalam sistem pemantauan otomatis. Pembacaan suhu dan kelembapan dibandingkan dengan alat ukur referensi berupa higrometer digital, menggunakan 38 pasangan data yang dikumpulkan pada waktu dan lokasi yang sama. Analisis dilakukan dengan metode Mean Absolute Error (MAE) untuk menghitung rata-rata selisih absolut tanpa memperhatikan arah deviasi.



Gambar 3 Perbandingan Suhu



Gambar 4 Perbandingan Kelembapan

Hasil pengujian divisualisasikan melalui Gambar 3 dan Gambar 4, yang menampilkan perbandingan grafik pembacaan suhu dan kelembapan antara sensor DHT11 dan higrometer digital. Berdasarkan perhitungan, nilai MAE untuk suhu adalah 1,38°C, sementara MAE untuk kelembapan mencapai 6,26%RH.

Nilai MAE suhu masih berada dalam batas toleransi spesifik sensor DHT11, yakni $\pm 2^\circ\text{C}$, sebagaimana dinyatakan

oleh [4], [23]. Sebaliknya, nilai MAE kelembapan sedikit melebihi batas toleransi yang umum digunakan, yaitu $\pm 5\%RH$. Meski demikian, deviasi tersebut masih dapat ditoleransi dalam konteks pemantauan lingkungan budidaya jamur, karena fluktuasi kelembapan dalam rentang tersebut tidak secara signifikan mengganggu proses pertumbuhan jamur tiram.

Dengan demikian, sensor DHT11 dinyatakan cukup akurat dan layak digunakan untuk sistem pemantauan yang berorientasi pada kestabilan tren dan deteksi perubahan lingkungan secara relatif.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) untuk mendukung budidaya jamur tiram. Sistem terdiri dari dua unit Raspberry Pi Zero 2W yang berfungsi untuk mengumpulkan data suhu, kelembapan, dan citra jamur secara otomatis. Integrasi dengan layanan cloud seperti Aiven PostgreSQL dan Firebase Storage memungkinkan data disimpan dan diakses secara terstruktur serta fleksibel.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengambilan data lingkungan setiap 10 menit dan dokumentasi visual harian tanpa intervensi manual. Selama periode pengujian, sistem berhasil merekam lebih dari 4000 entri data dengan stabilitas operasional yang baik. Validasi sensor DHT11 menunjukkan nilai Mean Absolute Error (MAE) sebesar 1,38°C untuk suhu dan 6,26%RH untuk kelembapan. Meskipun nilai MAE kelembapan sedikit melampaui batas toleransi $\pm 5\%RH$, secara keseluruhan sensor DHT11 tetap dianggap layak digunakan untuk keperluan pemantauan lingkungan budidaya non-klinis.

Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi awal yang efektif dan terjangkau bagi pelaku pertanian jamur skala kecil dan menengah dalam mengadopsi teknologi pemantauan berbasis IoT. Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada peningkatan antarmuka pengguna, penambahan fitur analitik berbasis machine learning, serta pengujian jangka panjang di berbagai kondisi lingkungan.

REFERENSI

- [1] I. Faturachman, R. Kusumawati, and U. Djuanda, "Usaha Budidaya Jamur Tiram," 2024, doi: 10.37817/IKRAITH-EKONOMIKA.
- [2] I. G. M. N. Desnanjaya and P. Sugiartawan, "Controlling and Monitoring of Temperature and Humidity of Oyster Mushrooms in Tropical Climates," *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, vol. 12, no. 1, p. 69, Apr. 2022, doi: 10.22146/ijeis.73346.
- [3] R. Aulia Rahman, M. Muskhair, J. Hamka Air Tawar, and P. Indonesia, "Monitoring Pengontrolan Suhu dan Kelembaban Kumbung Jamur tiram," 2021.
- [4] Z. Feresu, E. Mashonjowa, E. Matandirotya, and F. Ztt, "DHT11 Based Temperature And Humidity Measuring System," *Article in Journal of Electrical Engineering & Electronic Technology*, 2022, doi: 10.4172/jeeet.1000902.
- [5] J. L. Chong, K. W. Chew, A. P. Peter, H. Y. Ting, and P. L. Show, "Internet of Things (IoT)-Based Environmental Monitoring and Control System for

- Home-Based Mushroom Cultivation,” *Biosensors (Basel)*, vol. 13, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.3390/bios13010098.
- [6] N. Aishah Zainuddin, K. Muslim Nordin, A. Ishak, M. Syafiq Nuriman, and T. Irfan Danial Tajul Azhar, “IoT-Based Oyster Mushroom Farming Monitoring System,” 2023. [Online]. Available: www.ijfmr.com
- [7] R. Nur *et al.*, “Pengatur Suhu, Kelembaban, dan Intensitas Cahaya pada Kumbung Jamur Tiram Menggunakan IoT,” 2021.
- [8] F. Cirlincione, “Use of Medicinal Mushrooms in the Preparation of ‘Superfoods’ for Sustainable Nutrition and Human Health,” 2023.
- [9] A. Najmurokhman, Kusnandar, A. Daelami, E. Nurlina, U. Komarudin, and H. Ridhatama, “Development of Temperature and Humidity Control System in Internet-of-Things based Oyster Mushroom Cultivation,” in *2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, IEEE, Dec. 2020, pp. 551–555. doi: 10.1109/ISRITI51436.2020.9315426.
- [10] D. Kusumayani, C. Suhery, J. Jenderal Ahmad Yani, and K. Pontianak, “Simulasi Internet of Things (IoT) pada Budidaya Jamur Tiram,” 2023. [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jireISSN.2620-6900>
- [11] S. Arsella, M. Fadhli, and Lindawati, “Optimasi Pertumbuhan Jamur Tiram Melalui Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan Teknologi IoT,” *JURNAL RESISTOR*, vol. 6 No 1, Apr. 2023, [Online]. Available: <https://s.id/jurnalresistor>
- [12] D. R. Kristiyanti, A. Wijayanto, and A. Aziz, “Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet of Things Menggunakan MQTT dan Telegram BOT,” *Adopsi Teknologi dan Sistem Informasi (ATASI)*, vol. 1, no. 1, pp. 61–73, Jun. 2022, doi: 10.30872/atasi.v1i1.60.
- [13] H. A. Khalil, S. A. Hammad, H. E. Abdelmunim, and S. A. Maged, “Using Pi Zero SBCs as a Low-Cost Driver Monitoring Solution,” in *2024 4th International Conference on Robotics, Automation and Artificial Intelligence (RAAI)*, IEEE, Dec. 2024, pp. 306–311. doi: 10.1109/RAAI64504.2024.10949552.
- [14] E. Gamess and S. Hernandez, “Performance Evaluation of Different Raspberry Pi Models for a Broad Spectrum of Interests,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 2, pp. 819–829, 2022, doi: 10.14569/IJACSA.2022.0130295.
- [15] I. Gunawan and H. Ahmadi, “Sistem Monitoring Dan Pengkabutan Otomatis Berbasis Internet Of Things (IoT) Pada Budidaya Jamur Tiram Menggunakan NodeMCU dan Blynk,” *Infotek : Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 4, no. 1, pp. 79–86, Jan. 2021, doi: 10.29408/jit.v4i1.2997.
- [16] Raspberry Pi Foundation, “Raspberry Pi Camera Module 3,” Raspberry Pi Foundation.
- [17] Aiven, “Aiven: Platform Cloud Database as a Service (DBaaS),” Aiven.
- [18] P. Chougale, V. Yadav, and A. Gaikwad, “Firebase-Overview and Usage,” *Article in Journal of Engineering and Technology Management*, 2021, [Online]. Available: www.irjmets.com
- [19] R. Setiawan and Risal, “Pengembangan Unit Testing dan Integration Testing REST API Pengelola Data Bootcamp PT Mitra Integrasi Informatika,” *Jurnal Strategi*, vol. 6 Nomor 2, pp. 357–368, Nov. 2024.
- [20] A. N. Hasibuan and T. Dirgahayu, “Pengujian dengan Unit Testing dan Test case pada Proyek Pengembangan Modul Manajemen Pengguna,” 2021.
- [21] Ian. Sommerville, *Software engineering*. Pearson, 2011.
- [22] G. J. Myers, C. Sandler, and T. Badgett, *The Art of Software Testing*. Wiley, 2012. doi: 10.1002/9781119202486.
- [23] A. B. Chitnis, A. L. Mohankar, and B. Sayankar, “Temperature and Humidity Controller with Real Time Set Point using DHT11 with Arduino,” Dec. 2024. [Online]. Available: www.ijrpr.com