

Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Cahaya Budidaya Jamur Tiram di Jamur Madani Ungaran

Ilham sazaly^{1*}

^{1*} Universitas Sains dan Teknologi Komputer

*Email: ilhamsz1135@gmail.com

Abstract

Oyster mushroom cultivation requires optimal environmental control, particularly temperature, humidity, and light intensity, as deviations from these parameters can reduce both the quality and quantity of yields. The main problem faced in oyster mushroom cultivation at Jamur Madani Ungaran is that environmental monitoring is still conducted manually, making it inefficient and incapable of providing real-time data. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based monitoring system for temperature, humidity, and light intensity as a solution for automated and real-time environmental monitoring. The system was developed using a DHT22 sensor to measure temperature and humidity and an LDR sensor to detect light intensity, controlled by an ESP8266 microcontroller and integrated with the Blynk IoT platform. System testing was conducted over a 12-hour period with data collection at one-hour intervals. The results showed that the measured temperature ranged from 24.0 to 31.0 °C, humidity from 78.8% to 90.1%, and light intensity from 150 to 710 lux. The system successfully detected conditions outside the ideal thresholds, as indicated by high-temperature notifications in the range of 28.5–31.0 °C (33% of total tests), low humidity below 80% (17%), and high light intensity above 500 lux (33%). Quantitatively, the system was able to read and transmit sensor data stably in 100% of the testing cycles, while qualitatively, the system was considered effective in improving efficiency and ease of environmental monitoring. In conclusion, the developed IoT-based monitoring system is proven to be feasible and capable of supporting more optimal and measurable environmental management for oyster mushroom cultivation.

Keywords: IoT, oyster mushroom, environmental monitoring, esp8266, blynk

Abstrak

Budidaya Budidaya jamur tiram memerlukan pengendalian lingkungan yang optimal, terutama suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya, karena ketidaksesuaian parameter tersebut dapat menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen. Permasalahan yang dihadapi pada budidaya Jamur Madani Ungaran adalah proses pemantauan lingkungan yang masih dilakukan secara manual sehingga tidak efisien dan tidak mampu menyediakan data secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring suhu, kelembaban, dan cahaya berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi pemantauan otomatis dan *real-time*. Sistem dikembangkan menggunakan sensor DHT22 untuk suhu dan kelembaban serta sensor LDR untuk intensitas cahaya yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP8266 dan diintegrasikan dengan platform Blynk IoT. Pengujian sistem dilakukan selama 12 jam dengan interval pengambilan data setiap satu jam. Hasil pengujian menunjukkan suhu terukur berada pada rentang 24,0–31,0 °C, kelembaban 78,8–90,1 %, dan intensitas cahaya 150–710 lux. Sistem berhasil mendeteksi kondisi di luar batas ideal, ditunjukkan dengan munculnya notifikasi suhu tinggi pada rentang 28,5–31,0 °C (33% dari total pengujian), kelembaban rendah di bawah 80% (17%), serta intensitas cahaya tinggi di atas 500 lux (33%). Secara kuantitatif, sistem mampu membaca dan mengirimkan data sensor secara stabil pada 100% siklus pengujian, sedangkan secara kualitatif sistem dinilai efektif dalam meningkatkan efisiensi dan kemudahan pemantauan lingkungan budidaya. Kesimpulannya, sistem monitoring berbasis IoT yang dikembangkan terbukti layak dan mampu mendukung pengelolaan lingkungan budidaya jamur tiram secara lebih optimal dan terukur.

Kata kunci: IoT, jamur tiram, monitoring lingkungan, esp8266, blynk

1. Pendahuluan

Budidaya jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu sektor pertanian yang memiliki potensi ekonomi tinggi seiring meningkatnya permintaan pasar. Keberhasilan budidaya jamur tiram sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, khususnya suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Suhu ideal berada pada rentang 22–28 °C, kelembaban relatif 80–90%, serta intensitas cahaya sedang sekitar 200–500 lux untuk mendukung pembentukan tubuh buah secara optimal. Ketidaksesuaian parameter lingkungan tersebut dapat menghambat pertumbuhan jamur, menurunkan kualitas, dan mengurangi hasil panen [1], [2].

Pada praktiknya, pemantauan kondisi lingkungan kumbung jamur, termasuk di Jamur Madani Ungaran, masih banyak dilakukan secara pengamatan langsung. Metode ini memiliki keterbatasan karena tidak mampu menyediakan data secara *real-time*, kurang efisien dari segi waktu dan tenaga, serta berpotensi menimbulkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan ketika terjadi perubahan kondisi lingkungan secara signifikan [3], [4].

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah banyak diterapkan dalam bidang pertanian cerdas (*smart agriculture*), termasuk pada budidaya jamur tiram. Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT mampu memantau suhu dan kelembaban secara *real-time*, serta meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan kumbung jamur. Beberapa sistem juga telah dikembangkan dengan fitur pengendalian otomatis dan pemantauan jarak jauh melalui platform web maupun aplikasi mobile, sehingga membantu petani dalam menjaga stabilitas lingkungan budidaya [5], [6].

Namun demikian, sebagian besar penelitian yang ada masih berfokus pada pemantauan suhu dan kelembaban, sementara pemantauan intensitas cahaya belum banyak dikaji secara terintegrasi dan kuantitatif. Selain itu, hasil pengujian lapangan pada beberapa penelitian belum sepenuhnya disajikan dalam

bentuk data nominal atau persentase kondisi normal dan tidak normal, sehingga sulit untuk mengevaluasi kinerja sistem secara menyeluruh. Di sisi lain, penggunaan platform monitoring yang kurang sederhana juga menjadi kendala bagi petani skala kecil dalam mengadopsi teknologi IoT secara optimal.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem monitoring suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya berbasis IoT yang terintegrasi dan mudah digunakan. Sistem dikembangkan menggunakan sensor DHT22 dan sensor LDR yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP8266 serta diintegrasikan dengan platform Blynk IoT. Sistem ini diharapkan mampu menyajikan data lingkungan secara *real-time*, memberikan notifikasi otomatis ketika terjadi penyimpangan dari kondisi ideal, serta mendukung peningkatan efisiensi dan kualitas pengelolaan budidaya jamur tiram di Jamur Madani Ungaran.

2. Metoda Penelitian

2.1. Metode Pengembangan

1) Tempat atau Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jamur Madani yang berlokasi di Ungaran, Kabupaten Semarang. Tempat ini dipilih karena merupakan salah satu sentra budidaya jamur tiram yang masih melakukan pemantauan suhu, kelembaban, dan cahaya secara manual.

2) Metode Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui dua metode utama:

- a. Observasi langsung terhadap proses budidaya jamur tiram, kondisi ruangan, dan cara pemantauan lingkungan.
- b. Wawancara semi-terstruktur dengan pengelola budidaya untuk menggali kebutuhan sistem monitoring otomatis dan kendala yang dihadapi.

3) Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) untuk mengembangkan prototipe sistem IoT yang mampu memantau suhu, kelembaban,

dan cahaya secara *real-time* pada budidaya jamur tiram [7], [8].

2.2. Perancangan sistem

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D), yaitu proses pengembangan atau penyempurnaan suatu produk melalui tahapan penelitian dan pengujian. Metode ini berperan dalam inovasi karena memungkinkan terciptanya teknologi atau sistem baru yang efektif dan dapat diterapkan sesuai kebutuhan[20]. Dalam penelitian ini penulis menggunakan 10 tahapan perancangan sistem, sebagai berikut:

- 1) Potensi dan Masalah
 - a. Pemantauan manual tidak efisien.
 - b. Intensitas cahaya, suhu dan kelembaban tidak dikontrol atau dipantau, padahal sangat memengaruhi pertumbuhan jamur tiram.
- 2) Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui rentang suhu, kelembaban, dan cahaya optimal bagi jamur tiram serta spesifikasi teknis perangkat yang akan digunakan.
- 3) Desain Produk

Desain produk ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya berbasis IoT untuk budidaya jamur tiram di Jamur Madani Ungaran. Perancangan difokuskan pada dua bagian utama, yaitu perangkat alat monitoring dan replika ruangan sebagai media pengujian sistem.

a. Rancang Bangun Alat Monitoring

Komponen utama yang digunakan meliputi:

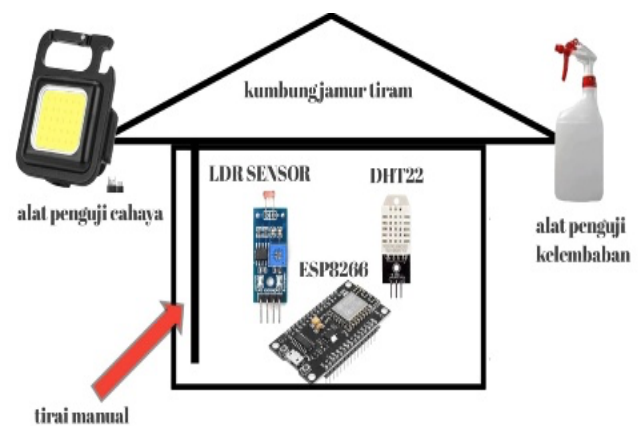
- 1) NodeMCU ESP8266: Berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang memproses data dari sensor dan mengirimkannya ke *platform cloud* (*Blynk*).
- 2) Sensor DHT22: Digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Sensor ini memiliki akurasi tinggi dan cocok digunakan dalam ruang tertutup seperti kumbung jamur.
- 3) Sensor *LDR* (*Light Dependent Resistor*): Berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya di lingkungan sekitar sensor.

- 4) Platform Blynk: Aplikasi berbasis Android/iOS yang digunakan untuk menampilkan data sensor secara *real-time* melalui jaringan WiFi.
- 5) Breadboard dan kabel jumper: Digunakan sebagai media penyusun sirkuit tanpa penyolderan.

Sistem ini bekerja dengan membaca data dari DHT22 dan LDR, lalu mengirimkan data tersebut ke Blynk melalui koneksi WiFi. Petani dapat melihat kondisi lingkungan langsung dari smartphone, serta mendapatkan notifikasi jika terjadi penyimpangan dari nilai ideal.

b. Desain Replika Ruangan Pengujian Prototipe

Desain ruangan ini bertujuan memastikan alat dapat bekerja secara optimal dalam kondisi terkontrol, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



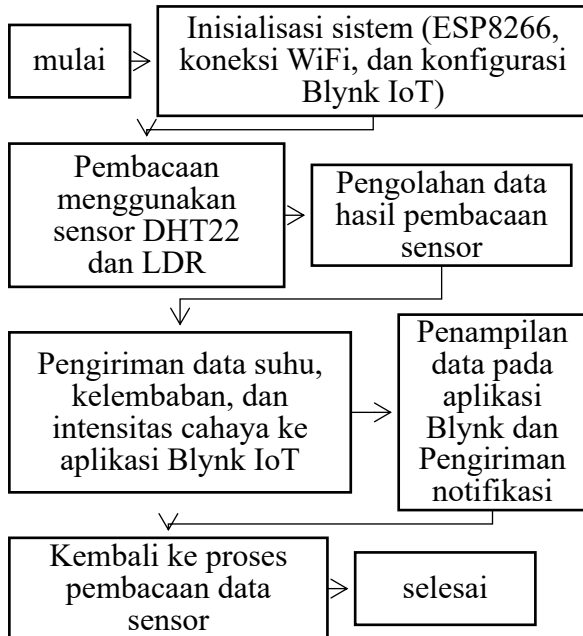
Gambar 1. pengujian *prototype*

Spesifikasi replika ruangan adalah:

- a. Ukuran: 30cm (panjang) 15cm (lebar) 15cm (tinggi).
- b. Material: Terbuat dari triplek
- c. Lampu LED: Digunakan sebagai sumber cahaya buatan yang intensitasnya dapat diatur untuk menguji respon sensor LDR.
- d. Tirai Manual: Dipasang pada sisi bagian atas replika ruangan. Tirai ini digunakan untuk mengatur intensitas cahaya secara manual.

c. Skenario Pengujian

Skenario pengujian ditmapilkan dalam bentuk diagram alir yang tersusun secara sistematis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 2. Diagram alir

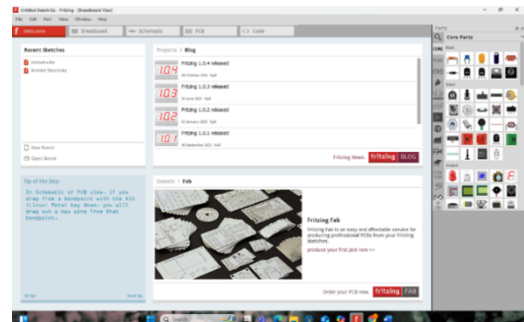
- a. Proses dimulai dengan inisialisasi sistem yang meliputi konfigurasi mikrokontroler ESP8266, koneksi ke jaringan WiFi, serta pengaturan platform Blynk IoT sebagai media pemantauan.
- b. Setelah sistem siap, dilakukan pembacaan data lingkungan menggunakan sensor DHT22 untuk memperoleh suhu dan kelembaban, serta sensor LDR untuk mengukur intensitas cahaya.
- c. Data yang diperoleh dari sensor kemudian masuk ke tahap pengolahan, di mana nilai-nilai tersebut diproses agar sesuai untuk ditampilkan atau dikirim.
- d. Hasil pengolahan selanjutnya dikirimkan ke aplikasi Blynk IoT, mencakup data suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya.
- e. Pada aplikasi Blynk, data ditampilkan secara real-time kepada pengguna, serta sistem dapat mengirimkan notifikasi apabila kondisi tertentu terpenuhi.
- f. Setelah proses pengiriman dan penampilan data, sistem kembali ke tahap pembacaan

sensor untuk melakukan pemantauan secara berulang (*looping*).

- g. Proses berakhir (selesai) ketika sistem dihentikan

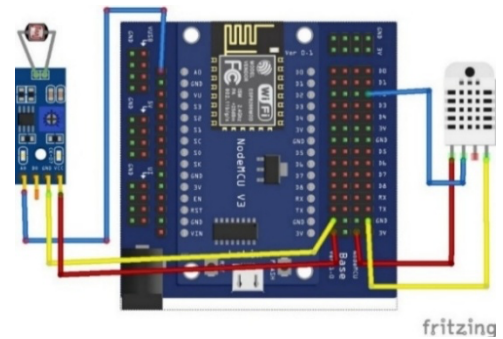
2.3. Perancangan produk

Fritzing berfungsi sebagai tempat merancang alat mikrokontroler, yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Awal Fritzing

Berikut merupakan rancangan skematik dari produk ini:

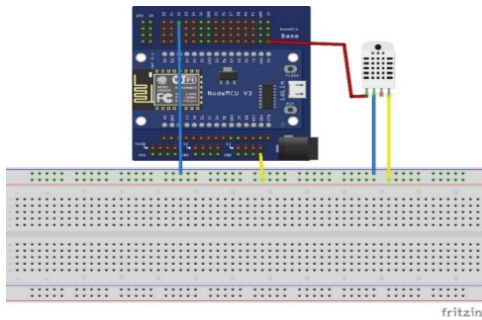


Gambar 4. Skematik Rangkaian Alat

Rancangan sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP8266 (NodeMCU) sebagai pusat kendali dengan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban serta sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya di area budidaya jamur tiram. Data yang diperoleh diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan ke platform *blynk* melalui koneksi internet, sehingga kondisi lingkungan dapat dipantau secara *real-time* melalui *smartphone*. Perangkaian dilakukan menggunakan breadboard dan kabel jumper agar prototipe mudah diuji dan dikembangkan sesuai kebutuhan monitoring budidaya jamur

tiram. Berikut ini adalah penjabaran dari desain pada Gambar 4:

a. Sensor DHT22



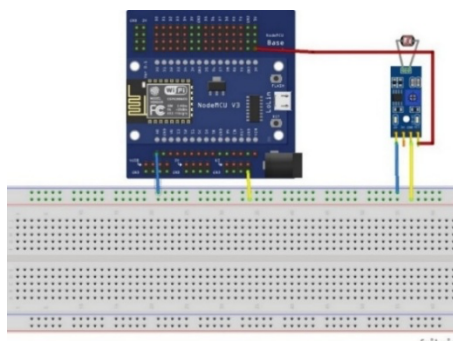
Gambar 5. Rangkaian sensor DHT22

Sensor ini digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara.

Sensor ini memiliki 4 pin yaitu:

1. VCC : Terhubung ke pin 3V3 NodeMCU untuk memberi daya pada sensor. Pin ini terhubung dengan warna kabel merah.
2. GND : Terhubung ke pin GND NodeMCU. Pin ini terhubung dengan warna kabel kuning.
3. DATA : Terhubung ke pin D1 pada NodeMCU, yang berfungsi untuk mengirimkan data digital suhu dan kelembaban ke mikrokontroler. Pin ini terhubung dengan warna kabel biru.
4. NC (*Not Connected*) : Pin ini tidak digunakan dalam rangkaian karena tidak memiliki fungsi khusus pada tipe sensor DHT22 ini.

b. sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)



Gambar 6. Rangkaian Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

Sensor ini digunakan untuk mengukur intensitas cahaya di lingkungan sekitar.

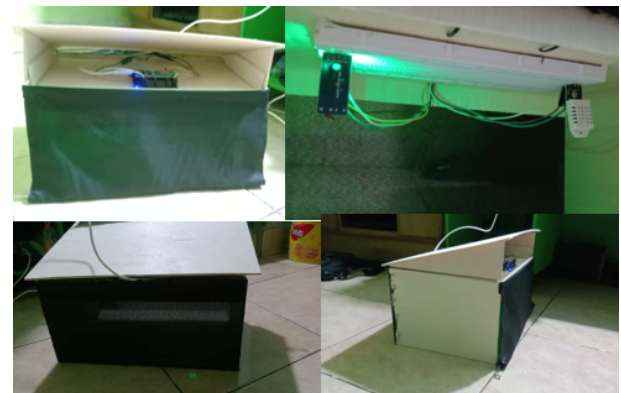
Sensor ini memiliki 4 pin, yaitu:

1. VCC : Terhubung ke pin 3V3 pada NodeMCU untuk memberikan tegangan kerja pada sensor. Pin ini terhubung dengan warna kabel merah.
2. GND : Terhubung ke pin GND pada NodeMCU. Pin ini terhubung dengan warna kabel kuning.
3. A0 (Analog Output) : Terhubung ke pin A0 pada NodeMCU, yang berfungsi mengirimkan nilai Pin ini terhubung dengan warna kabel biru.
4. D0 (Digital Output) : D0 dapat digunakan untuk mengirimkan sinyal digital (HIGH/LOW).

3. Hasil Penelitian

3.1. Hasil Perancangan Alat

Alat monitoring suhu, kelembaban, dan cahaya pada budidaya jamur tiram berhasil dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP8266 NodeMCU dengan sensor DHT22 dan LDR seri MH (Gambar 7). Data sensor dikirim secara *real-time* ke aplikasi Blynk IoT dan ditampilkan dalam bentuk *gauge* serta notifikasi otomatis jika kondisi melebihi batas optimal. Rangkaian dirakit pada breadboard dan diuji menggunakan replika ruangan 30 cm × 15 cm. Sistem ini terbukti membantu monitoring di Jamur Madani Ungaran sehingga pemantauan kondisi lingkungan menjadi lebih praktis,



Gambar 7. Foto *prototype*

3.2. Hasil pengujian system

Pengujian alat dilakukan di Kumbung Jamur Madani, Kabupaten Semarang, dengan tujuan memastikan bahwa sistem monitoring

IoT dapat membaca data suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya secara akurat serta mengirimkan notifikasi ketika kondisi lingkungan melewati ambang batas.

Pengujian dilakukan pada tanggal 10 Oktober 2025, mulai pukul 06.00 hingga 18.00 WIB, dengan interval pengambilan data setiap satu jam. Sensor yang digunakan adalah:

1. DHT22 untuk mengukur suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembaban (%),
2. LDR (MH Sensor Series) untuk mendeteksi intensitas cahaya (lux),

Sistem notifikasi otomatis dikirim melalui aplikasi Blynk IoT apabila data melewati ambang batas, serta akan menampilkan tanda “-” ketika kondisi kembali normal (stabil).

Tabel 1. Pengujian sensor

Waktu	suhu $^{\circ}\text{C}$	kelembaban%	Cahaya(lux)
06.00	24.1	89.2	180
07.00	25.3	88.7	230
08.00	26.8	85.6	350
09.00	28.5	84.1	520
10.00	30.1	82.7	650
11.00	31.0	81.3	710
12.00	30.4	79.5	640
13.00	29.3	78.8	590
14.00	28.0	82.2	410
15.00	27.5	83.5	320
16.00	26.3	86.1	270
17.00	25.4	88.8	210
18.00	24.0	90.1	150

Hasil pengujian sensor suhu, kelembaban, dan intensitas Cahaya hasil pengujian selama 12 jam tersebut dapat menunjukkan bahwa:

1. Sensor DHT22 mampu mendeteksi perubahan suhu dan kelembaban dengan baik. Notifikasi “ Suhu tinggi” muncul saat suhu melebihi 28°C , terutama pada pukul 09.00–13.00. Notifikasi “ Kelembaban rendah” muncul ketika nilai berada di bawah 80%, serta “ Kelembaban tinggi” saat melebihi 90% pada pukul 18.00, Kondisi ini sejalan dengan penelitian [1] dan [2] yang menyatakan bahwa sistem monitoring IoT mampu mendeteksi fluktuasi suhu secara *real-time* dan memberikan peringatan dini ketika suhu

berada di luar ambang batas pertumbuhan jamur tiram.

2. Sensor LDR bekerja sesuai ekspektasi. Cahaya dianggap terlalu redup (<200 lux) pada pagi hari (06.00) dan sore hari (18.00). Cahaya dianggap terlalu tinggi (>500 lux) pada siang hari (09.00–13.00) Hasil ini sejalan dengan penelitian [7] dan [8] yang menegaskan bahwa pencahayaan merupakan faktor penting pada fase pembentukan tubuh buah jamur tiram dan perlu dipantau secara terkontrol meskipun tidak berperan langsung dalam fase pertumbuhan miselium.
3. Sistem notifikasi otomatis pada Blynk bekerja dengan baik, ditunjukkan oleh indikator notifikasi yang aktif sesuai kondisi di tabel. Saat kondisi kembali normal, tanda “-” menunjukkan bahwa sistem telah stabil dan tidak mengirimkan peringatan.
4. Dari hasil pengujian di lingkungan nyata Kabupaten Semarang, sistem dapat membantu pengguna untuk memantau kondisi suhu, kelembaban, dan cahaya secara *real-time* serta memberikan peringatan dini bila terjadi penyimpangan dari batas optimal pertumbuhan jamur tiram.

4. Kesimpulan

1. Sistem monitoring suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dirancang menggunakan sensor DHT22, sensor LDR, mikrokontroler ESP8266, dan platform Blynk IoT serta mampu menampilkan data secara *real-time* dan memberikan notifikasi otomatis.
2. Pengujian sistem dilakukan sebanyak 12 kali sampel dengan interval satu jam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengirimkan data dan notifikasi pada 100% siklus pengujian tanpa kegagalan koneksi.
3. Berdasarkan hasil pengukuran, kondisi suhu berada di luar batas ideal ($>28^{\circ}\text{C}$) pada 33% sampel, kelembaban berada di

luar batas ideal (<80% atau >90%) pada 25% sampel, dan intensitas cahaya berada di luar rentang ideal (<200 lux atau >500 lux) pada 33% sampel.

4. Sensor DHT22 menunjukkan tingkat kestabilan pembacaan dengan nilai error pengukuran suhu dan kelembaban berada pada kisaran $\pm 2\%$, sedangkan sensor LDR memiliki nilai error relatif lebih besar akibat pengaruh posisi sensor dan sumber cahaya, namun masih dalam batas toleransi untuk sistem monitoring lingkungan.
5. Secara kuantitatif sistem memiliki tingkat keberhasilan deteksi dan notifikasi sebesar 100%, sedangkan secara kualitatif sistem dinilai mampu meningkatkan efisiensi pemantauan lingkungan serta membantu pengambilan keputusan secara cepat pada budidaya jamur tiram.

5. Saran

1. Sistem dapat dikembangkan dengan aktuator otomatis agar tidak hanya melakukan monitoring tetapi juga pengendalian lingkungan.
2. Perlu uji coba lebih lama dan pada kondisi yang lebih bervariasi untuk memastikan stabilitas sistem.
3. Tampilan aplikasi *Blynk* dapat ditingkatkan dengan fitur histori data.
4. Desain fisik *prototype* sebaiknya dibuat lebih rapi dan tahan terhadap kelembaban.
5. Sistem dapat diperluas menjadi platform multi-sensor berbasis web atau mobile untuk skala budidaya lebih luas.

6. Daftar Pustaka

Jurnal

- [1] M. Ari Pamungkas¹, Suwanto Raharjo, dan Rr Yuliana Rachmawati Kusumaningsih, "Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban Dan Penyiraman Otomatis Pada Budidaya Jamur Berbasis Iot," *J. Jarkom*, vol. 12, no. 01, hlm. 7–14, Agu 2024, doi: 10.34151/jarkom.v12i01.4798.
- [2] M. R. Hartanto, "Prototipe Sistem Monitoring untuk Pengatur Suhu dan Kelembaban pada Rumah Jamur Tiram Berbasis *Internet of Things* (IoT)," *Dinamik*, vol. 30, no. 1, Art. no. 1, Jan 2025, doi: 10.35315/dinamik.v30i1.9624.
- [3] H. Andre *dkk.*, "Perancangan Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Kumbung Jamur Berbasis Internet of Things," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Mei 2022, doi: 10.33019/electron.v3i1.14.
- [4] R. A. Rahman, D. N. Ramadan, S. Hadiyoso, S. S. Maidin, dan I. D. Irawati, "A Smart Kumbung For Monitoring and Controlling Environment in Oyster Mushroom Cultivation Based on *Internet of Things* Framework," *J. Appl. Eng. Technol. Sci. JAETS*, vol. 5, no. 1, hlm. 245–257, Des 2023, doi: 10.37385/jaets.v5i1.2248.
- [5] A. Ridho'i, K. Setyadjit, dan B. E. Yordhan, "Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Budidaya Jamur Tiram Menggunakan ESP32," *J. FORTECH*, vol. 4, no. 1, hlm. 20–26, Jan 2023, doi: 10.56795/fortech.v4i1.4103.
- [6] A. Soussi, E. Zero, R. Sacile, D. Trincherro, dan M. Fossa, "Smart Sensors and Smart Data for Precision Agriculture: A Review," *Sensors*, vol. 24, no. 8, Art. no. 8, Jan 2024, doi: 10.3390/s24082647.
- [7] J. L. Chong, K. W. Chew, A. P. Peter, H. Y. Ting, dan P. L. Show, "*Internet of Things* (IoT)-Based Environmental Monitoring and Control System for Home-Based Mushroom Cultivation," *Biosensors*, vol. 13, no. 1, Art. no. 1, Jan 2023, doi: 10.3390/bios13010098.
- [8] R. A. Nasution, M. Masthura, dan N. Nasution, "Pengawasan Dan Pemantauan Pertumbuhan Jamur Tiram Dengan Memanfaatkan Teknologi *Internet of Things* (IoT)," *J. ONLINE Phys.*, vol. 9, no. 2, Art. no. 2, Apr 2024, doi: 10.22437/jop.v9i2.31694.
- [9] E. E. K. Senoo, E. Akansah, I. Mendonça, dan M. Aritsugi, "Monitoring and Control Framework for IoT, Implemented for Smart Agriculture," *Sensors*, vol. 23, no. 5, Art. no. 5, Jan 2023, doi: 10.3390/s23052714.
- [10] P. Rajak, A. Ganguly, S. Adhikary, dan S. Bhattacharya, "*Internet of Things* and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges," *J. Agric. Food Res.*, vol. 14, hlm. 100776, Des 2023, doi: 10.1016/j.jafr.2023.100776.
- [11] S. Arsella, M. Fadhlil, dan L. Lindawati, "Optimasi Pertumbuhan Jamur Tiram Melalui Monitoring Suhu dan Kelembaban

- Menggunakan Teknologi IoT,” *J. Resist. Rekayasa Sist. Komput.*, vol. 6, no. 1, Art. no. 1, Apr 2023, doi: 10.31598/jurnalresistor.v6i1.1405.
- [12] L. Liu, W. Cheng, dan H.-W. Kuo, “A Narrative Review on Smart Sensors and IoT Solutions for Sustainable Agriculture and Aquaculture Practices,” *Sustainability*, vol. 17, no. 12, Art. no. 12, Jan 2025, doi: 10.3390/su17125256.
- [13] H. Fitriawan, K. A. D. Cahyo, S. Purwiyanti, dan S. Alam, “Pengendalian Suhu dan Kelembaban pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis IoT,” *J. Tek. Pertan. Lampung J. Agric. Eng.*, vol. 9, no. 1, Art. no. 1, Mar 2020, doi: 10.23960/jtep-l.v9i1.28-37.
- [14] A. Aso, Sahbudin, S. Baco, dan F. E. Fazza, “Prototipe kendali kelembapan budidaya jamur tiram berbasis iot (internet of things),” *J. Ilmu Komput. Dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, hlm. 7–14, Jun 2024, doi: 10.71466/jiktif.v1i1.20.
- [15] J. Gunawati, Z. Zaenudin, M. M. Efendi, dan L. D. Samsumar, “Sistem Monitoring Kelembapan Suhu Ruangan Pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis *Internet Of Things* (Iot),” *J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 4, hlm. 258–266, Sep 2024, doi: 10.70248/jcsit.v1i4.1249.
- [16] D. Y. S. Nurjoko Nurfiana, Rahmalia Syahputri, *Internet of Things ESP8266 ESP32 Web Server - Jejak Pustaka*. Jejak Pustaka.
- [17] M. Rukhiran, C. Sutanthavibul, S. Boonsong, dan P. Netinant, “IoT-Based Mushroom Cultivation System with Solar Renewable Energy Integration: Assessing the Sustainable Impact of the Yield and Quality,” *Sustainability*, vol. 15, no. 18, Art. no. 18, Jan 2023, doi: 10.3390/su151813968.
- [18] L. S. Hakim, F. Z. R. Widodo, A. E. Setiawan, H. Nuramin, R. Mardiaty, dan E. A. Z. Hamidi, “Design of IoT-Based Oyster Mushroom Monitoring and Automation System Prototype,” dalam *2022 8th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, Yogyakarta, Indonesia: IEEE, Jul 2022, hlm. 1–5. doi: 10.1109/ICWT55831.2022.9935460.
- [19] Y. Zhang *dkk.*, “Research and Development of an IoT Smart Irrigation System for Farmland Based on LoRa and Edge Computing,” *Agronomy*, vol. 15, no. 2, Art. no. 2, Feb 2025, doi: 10.3390/agronomy15020366.
- [20] J. Loso *dkk.*, “Metodologi Research And Development (Teori dan Penerapan Metodologi RnD),” ResearchGate. Diakses: 21 Juni 2025.