

Optimalisasi Budidaya Jamur dengan Sistem Monitoring dan Pengendalian Suhu serta Kelembaban Berbasis *Internet of Things*

Muh. Fuad Mansyur^{*1}, Muh. Fahmi Rustan², Heliawai Hamrul³, Nuralamsah Zulkarnaim⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Sulawesi Barat

E-mail: ^{*1}muh.fuadm@unsulbar.ac.id, ²muhfahmi@unsulbar.ac.id,

³heliawatyhamrul87@gmail.com, ⁴nuralamsah@unsulbar.ac.id

Abstrak

Budidaya jamur memiliki potensi ekonomi yang tinggi, namun seringkali dihadapkan pada tantangan signifikan dalam menjaga kondisi lingkungan yang ideal, terutama fluktuasi suhu dan kelembaban. Kondisi lingkungan yang tidak stabil ini secara langsung dapat menghambat pertumbuhan optimal jamur, menurunkan kualitas hasil panen secara drastis, dan bahkan berujung pada kegagalan panen yang merugikan petani. Menyadari permasalahan krusial ini, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem otomatisasi yang inovatif berbasis *Internet of Things* (IoT). Tujuan utama dari sistem ini adalah untuk memantau dan mengendalikan parameter suhu serta kelembaban di dalam kumbung budidaya jamur secara efisien dan dalam waktu *real-time*. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini mengintegrasikan beberapa komponen kunci. Mikrokontroler NodeMCU berfungsi sebagai otak sistem, yang secara terus-menerus menerima data dari sensor suhu dan kelembaban. Data ini kemudian diproses untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat pendukung seperti mesin kabut, yang berfungsi untuk meningkatkan kelembaban, dan kipas exhaust, yang bertugas untuk menurunkan suhu atau kelembaban berlebih, melalui relay. Seluruh sistem ini terhubung ke jaringan internet, memungkinkan pengguna untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan dan pengendalian perangkat dari jarak jauh, kapan saja dan di mana saja. Hasil uji coba lapangan menunjukkan bahwa sistem otomatisasi berbasis IoT ini mampu menjaga lingkungan kumbung pada kondisi optimal secara konsisten, yaitu pada kisaran suhu 25 °C hingga 30 °C dan kelembaban 80% hingga 90%. Implementasi sistem ini terbukti secara signifikan meningkatkan produktivitas dan kualitas panen jamur. Selain itu, dengan adanya solusi otomatis ini, petani dapat mengurangi beban kerja manual yang sebelumnya memakan waktu dan tenaga, meminimalkan potensi kesalahan manusia dalam pengaturan lingkungan, serta meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan dalam budidaya jamur.

Kata kunci—Budidaya jamur, *Internet of Things*, Kelembaban, NodeMCU, Otomatisasi, Suhu

Abstract

Mushroom cultivation holds high economic potential but frequently encounters significant challenges in maintaining ideal environmental conditions, particularly fluctuations in temperature and humidity. These unstable environmental conditions can directly impede optimal mushroom growth, drastically reduce harvest quality, and even lead to detrimental crop failures for farmers. Recognizing this crucial problem, this research focuses on the design and

implementation of an innovative Internet of Things (IoT)-based automation system. The primary objective of this system is to efficiently and in real-time monitor and control temperature and humidity parameters within mushroom cultivation houses. The system developed in this research integrates several key components. A NodeMCU microcontroller serves as the brain of the system, continuously receiving data from temperature and humidity sensors. This data is then processed to activate or deactivate supporting devices such as mist machines, which function to increase humidity, and exhaust fans, which are responsible for reducing excessive temperature or humidity, via relays. The entire system is connected to the internet, enabling users to remotely monitor environmental conditions and control devices anytime and anywhere. Field trial results demonstrate that this IoT-based automation system is capable of consistently maintaining optimal environmental conditions in the cultivation houses, specifically within a temperature range of 25 °C to 30 °C and humidity of 80% to 90%. The implementation of this system has been proven to significantly enhance mushroom productivity and harvest quality. Furthermore, with this automated solution, farmers can reduce the manual workload that previously consumed considerable time and effort, minimize potential human errors in environmental regulation, and improve overall operational efficiency in mushroom cultivation.

Keywords—Mushroom cultivation, Internet of Things, Humidity, NodeMCU, Automation, Temperature

1. PENDAHULUAN

Jamur merupakan organisme eukariotik yang tergolong dalam kingdom Fungi, yang menunjukkan karakteristik unik seperti pertumbuhan filamen, dinding sel kitin, dan nutrisi osmotrofik, membedakannya dari tumbuhan atau hewan. Berbeda dengan tumbuhan, jamur tidak mampu melakukan fotosintesis dan memperoleh nutrisi melalui degradasi bahan organik, baik sebagai saprofit, parasit, maupun simbion. Secara alami, jamur berkembang biak di lingkungan lembab dan teduh, seperti tanah humus, serbuk kayu, jerami, atau limbah organik di hutan, di mana kelembaban tinggi mendukung siklus hidupnya [1], [2].

Jamur memiliki nilai strategis dalam berbagai sektor, mulai dari pangan hingga remediasi lingkungan. Sebagai sumber pangan, jamur kaya akan protein, serat, vitamin (seperti B-kompleks dan D), serta mineral seperti selenium dan kalium, menjadikannya alternatif nutrisi rendah kalori tanpa kolesterol. Selain itu, jamur edible seperti *Pleurotus ostreatus* menawarkan manfaat kesehatan, termasuk aktivitas antioksidan dan antidiabetik berkat kandungan polisakarida dan fenoliknya. Dalam bidang medis, jamur obat seperti *Ganoderma lucidum* digunakan untuk sifat imunomodulator, antikanker, dan anti-inflamasi melalui senyawa bioaktif seperti β -glukan dan triterpenoid. Secara industri, jamur berperan dalam biofermentasi untuk produksi enzim dan asam organik, sementara dalam lingkungan, fungi mendukung bioremediasi dengan mendegradasi polutan seperti hidrokarbon dan senyawa farmasi melalui enzim laccase dan peroksidase. Oleh karena itu, pengembangan budidaya jamur di luar habitat alami menjadi krusial untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat [3], [4].

Salah satu metode budidaya efektif adalah pembuatan kumbung atau rumah jamur, di mana media Salah satu metode budidaya efektif adalah pembuatan kumbung atau rumah jamur, di mana media tanam seperti serbuk gergaji atau jerami dikondisikan untuk meniru habitat alami, dengan pengaturan suhu, kelembaban, dan pencahayaan yang optimal. Teknik ini memungkinkan produksi sepanjang tahun di berbagai iklim, mengurangi ketergantungan pada musim, serta efisien dalam penggunaan sumber daya, sehingga petani tidak perlu berburu jamur liar yang berisiko. Budidaya terkontrol juga mendukung keberlanjutan dengan memanfaatkan limbah

organik sebagai substrat, meningkatkan produktivitas hingga 20-30% dibandingkan metode konvensional.[4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]

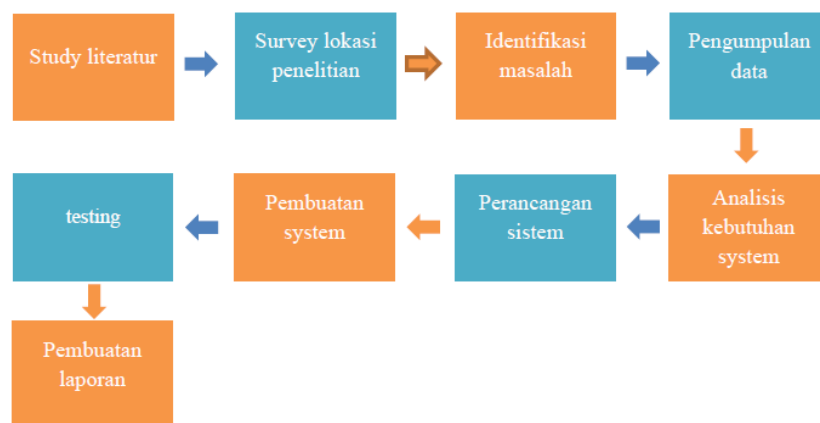
Meskipun demikian, tantangan utama dalam budidaya jamur adalah menjaga kestabilan suhu dan kelembaban. Pertumbuhan miselium optimal terjadi pada suhu 25-30°C dan kelembaban relatif 80-90%, di mana kondisi di luar rentang ini dapat menghambat primordia formation, menurunkan hasil panen, atau memicu kontaminasi. Pengelolaan manual sering tidak akurat, terutama di skala besar, sehingga memerlukan tenaga ekstra dan berpotensi gagal panen. Untuk mengatasi ini, penelitian ini mengusulkan sistem otomatisasi berbasis Internet of Things (IoT) yang memantau dan mengendalikan suhu serta kelembaban di kumbung menggunakan sensor DHT11 yang terintegrasi dengan mikrokontroler NodeMCU, kipas exhaust untuk pendinginan, dan humidifier berbasis mesin kabut untuk menjaga kondisi real-time.[13], [14], [15]

Pendekatan IoT ini unggul karena menyediakan pemantauan jarak jauh melalui aplikasi mobile, prediksi anomali dengan machine learning, dan kontrol otomatis yang mengurangi kesalahan manusia hingga 40%. Sistem serupa telah terbukti meningkatkan kualitas jamur oyster dengan menjaga parameter lingkungan secara presisi, sehingga hasil panen lebih konsisten dan berkualitas tinggi [16], [17]. Dengan demikian, implementasi IoT tidak hanya efisien dan hemat biaya [18], tetapi juga mendukung skalabilitas budidaya jamur di tingkat komersial.

Harapannya, sistem pemantauan dan pengendalian berbasis IoT ini akan memaksimalkan produktivitas jamur, meningkatkan kualitas nutrisi, serta mengurangi dampak lingkungan melalui bioremediasi substrat bekas. Petani dapat mencapai panen optimal secara berkelanjutan, memperkuat daya saing industri jamur di pasar global[19].

2. METODE

Dalam melakukan penelitian ini, dilakukan beberapa tahapan yang diuraikan secara singkat dan sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Tahapan-tahapan ini secara komprehensif digambarkan dalam Gambar 1. Proses penelitian dimulai dari studi literatur, survei lokasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, pembuatan sistem, testing, hingga uji coba sistem. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan kelancaran dan validitas hasil penelitian.



Gambar 1. Rancangan Sistem

2.1 Studi Literatur

Pengumpulan bahan kajian dilakukan pada tahapan ini untuk mencari teori dan pembahasan terkait yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Tahapan ini berhasil mengumpulkan beberapa penjelasan yang berkaitan dengan objek penelitian maupun alat dan istilah yang akan digunakan selama penelitian.

2. 2 Survei Lokasi

Selanjutnya dilakukan *survey* ke Lokasi penelitian untuk melakukan pengamatan dan penginderaan terhadap proses yang selama ini berjalan. Peneliti melakukan pencatatan terhadap kondisi yang disaksikan maupun dari penjelasan petani jamur yang ditemui. Data yang diperoleh dari kegiatan ini antara lain bahan untuk membuat kumbung jamur, media tanam apa saja yang digunakan, serta perawatan yang diberikan kepada jamur tersebut.

2. 3 Identifikasi Masalah

Setelah observasi awal dilakukan, selanjutnya dilakukan analisis terkait masalah apa saja yang akan diselesaikan selama penelitian berlangsung. Dalam tahapan ini, Peneliti berfokus pada pengendalian yang dilakukan secara konvensional sehingga membutuhkan waktu dan tenaga ekstra serta rentan terhadap kesalahan dikarenakan pengendalian dilakukan berdasarkan firasat tanpa data *real-time* yang akurat. Dari sini, peneliti mengidentifikasi kebutuhan akan teknologi yang lebih modern dengan memanfaatkan sistem IoT yang dapat memantau atau mengontrol suhu dan kelembaban secara otomatis sehingga kondisi pertumbuhan budidaya jamur dapat optimal.

2. 4 Pengumpulan Data

Tahapan ini mencoba untuk mengumpulkan dan menganalisis teori-teori yang berkaitan dengan kondisi optimal pertumbuhan jamur, khususnya suhu dan kelembaban yang diperlukan, serta praktik-praktik terbaik dalam pengendalian lingkungan pada budidaya jamur. Data ini mencakup informasi dari literatur ilmiah, studi kasus budidaya jamur, serta wawancara dengan praktisi dan ahli di bidang budidaya jamur. Selain itu, data lingkungan juga dikumpulkan untuk mengidentifikasi rentang suhu dan kelembaban yang sesuai, yang nantinya akan menjadi dasar dalam merancang sistem pengontrol dan pengendalian dengan menerapkan konsep IoT. Melalui pengumpulan data ini, penelitian dapat merancang kebutuhan sistem otomatis yang diharapkan dapat mengontrol suhu dan kelembaban kumbung jamur secara presisi.

2.5 Analisis Kebutuhan Sistem

Setelah data terkumpul maka dilakukan analisis kebutuhan sistem. Dalam tahapan ini dikumpulkan beberapa alat yang dibutuhkan untuk membangun sistem antara lain:

- a. NODEMCU ESP8266 yang digunakan sebagai media penghubung sistem monitoring dengan internet sehingga sistem dapat dikontrol dan dimonitoring dari jarak jauh.
- b. *Relay* sistem ini berfungsi untuk mengaktifkan atau mematikan perangkat berdasarkan sinyal yang diterima. Saat sensor mendeteksi bahwa suhu atau kelembaban berada di luar rentang optimal, *relay* akan diaktifkan oleh mikrokontroler untuk menyalakan perangkat yang dibutuhkan. Begitu kondisi lingkungan kembali ke tingkat yang diinginkan, *relay* akan memutuskan sambungan perangkat tersebut. Dengan demikian, *relay* memungkinkan sistem untuk menjaga kondisi optimal secara otomatis dan efisien dalam budidaya jamur.
- c. Sensor DHT11 digunakan untuk mendeteksi kelembaban dan suhu udara secara akurat dan mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler (NodeMCU) yang akan mengontrol sistem.
- d. Mesin kabut dalam penelitian ini berfungsi untuk meningkatkan kelembaban udara di dalam kumbung (ruang budidaya jamur) agar sesuai dengan kondisi optimal yang diperlukan untuk pertumbuhan jamur. Jamur membutuhkan kelembaban yang tinggi untuk tumbuh dengan baik, dan mesin kabut menghasilkan butiran air halus yang tersebar merata di udara, menjaga lingkungan tetap lembab tanpa menyebabkan penumpukan air di permukaan media tanam.
- e. Kipas *exhaust* difungsikan untuk mengatur sirkulasi udara di dalam kumbung (ruang budidaya jamur) dengan cara mengeluarkan udara panas atau lembab berlebih, sehingga membantu menjaga suhu dan kelembaban pada tingkat yang ideal bagi pertumbuhan jamur. Jamur memerlukan kondisi lingkungan yang stabil, terutama dalam hal suhu dan kelembaban, untuk tumbuh dengan baik dan menghasilkan panen berkualitas tinggi.

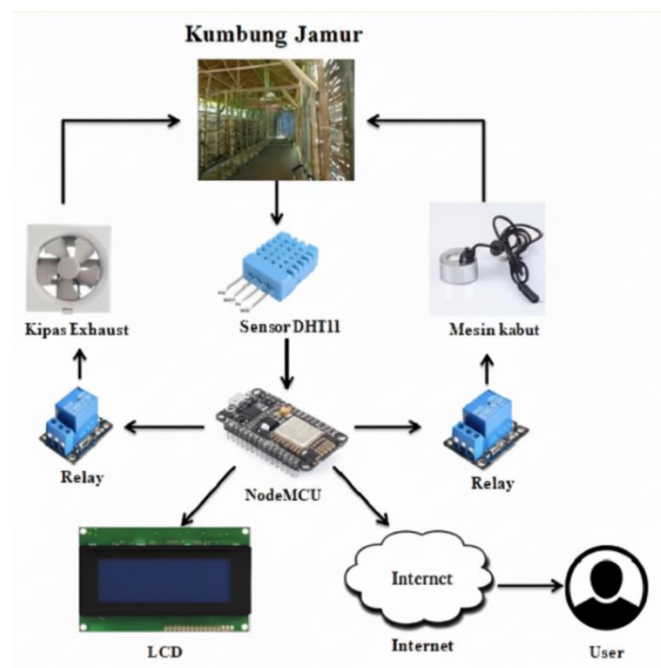
- f. Layar LCD digunakan sebagai antarmuka untuk menampilkan kelembaban dan suhu di dalam kumbung jamur sehingga pengguna dapat memantau kondisi tersebut secara langsung di lokasi.

2. 6 Perancangan Sistem

Berdasarkan hasil analisis, kemudian dilakukan perancangan secara menyeluruh yang digambarkan dengan dalam gambar 2. Dari gambar terlihat bahwa di kumbung jamur akan ada kipas *exhaust* dan mesin kabut dan dilengkapi dengan sensor DHT11. Selanjutnya NodeMCU akan membaca sensor tersebut dan akan membangkitkan *relay* untuk menjalankan mesin kabut atau exhaust sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan.

2.7 Pembuatan Sistem

Tahapan Pembuatan Sistem dalam penelitian ini melibatkan beberapa proses utama yang saling terintegrasi untuk menghasilkan sistem pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembaban dengan menerapkan konsep *Internet of Things*. Proses dimulai dengan perancangan perangkat keras yaitu mikrokontroler (NodeMCU), sensor DHT11, *relay*, mesin kabut, kipas *exhaust*, dan LCD sebagai antarmuka pengguna.



Gambar 2 Rancangan Sistem

Perancangan ini secara menyeluruh digambarkan dalam Gambar 2, yang menunjukkan bagaimana komponen-komponen tersebut saling terhubung dan berinteraksi dalam lingkungan kumbung jamur. Setelah perangkat keras dirakit, proses dilanjutkan dengan pengembangan perangkat lunak yang mencakup pemrograman mikrokontroler agar dapat menerima data dari sensor, memprosesnya, dan mengendalikan perangkat lain sesuai dengan kebutuhan suhu dan kelembaban yang diukur. Perangkat lunak juga mengintegrasikan fungsi IoT, memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui jaringan internet.

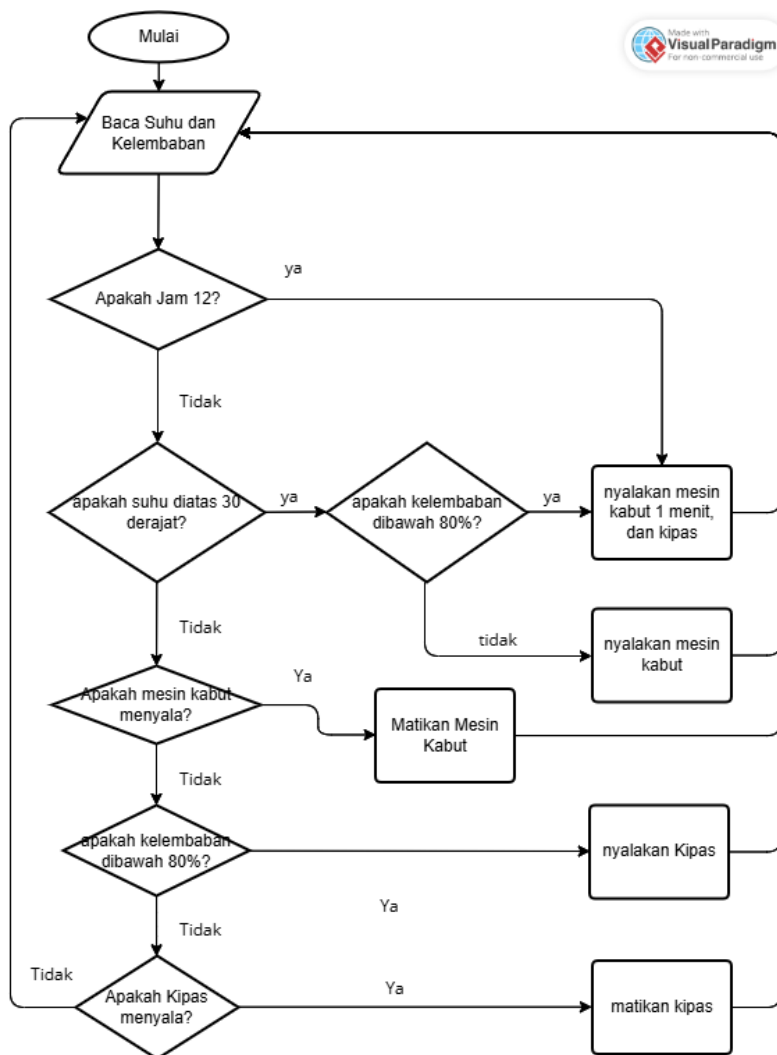
2.8 Uji Coba

Tahap terakhir adalah pengujian sistem untuk memastikan bahwa seluruh komponen berfungsi secara akurat dan responsif sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, sehingga sistem mampu menjaga kondisi lingkungan kumbung sesuai kebutuhan optimal budidaya jamur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Flowchart

Flowchart gambar 3 menunjukkan proses kerja sistem otomatis yang dirancang untuk memantau dan mengendalikan suhu serta kelembaban di dalam kumbung budidaya jamur. Sistem dimulai dengan membaca data suhu dan kelembaban melalui sensor, yang kemudian diproses untuk menentukan apakah tindakan perlu diambil guna menjaga lingkungan kumbung tetap optimal. Setelah data dibaca, sistem terlebih dahulu memeriksa waktu untuk mengetahui apakah saat itu adalah pukul 12 siang. Jika benar, sistem secara otomatis menyalakan mesin kabut dan kipas selama satu menit. Tindakan ini dirancang untuk menjaga kelembaban dan memastikan sirkulasi udara pada waktu tertentu, yang menjadi bagian dari strategi pengendalian lingkungan harian. Disini mesin dinyalakan hanya satu menit agar kondisi suhu dan kelembaban tetap stabil. Apabila waktu tidak menunjukkan pukul 12, sistem melanjutkan proses dengan memeriksa suhu kumbung. Jika suhu terdeteksi lebih dari 30 derajat *Celcius*, sistem melakukan pengecekan pada kelembaban. Jika kelembaban juga berada di bawah 80%, maka mesin kabut dan kipas akan diaktifkan untuk meningkatkan kelembaban sekaligus menurunkan suhu. Namun, jika kelembaban cukup (di atas 80%), sistem hanya mengaktifkan mesin kabut untuk menurunkan suhu dan mengontrol kelembaban tanpa menyalakan kipas.



Gambar 3 Flowchart

Selanjutnya, Gambar 3 juga mengilustrasikan logika lanjutan yang lebih mendalam terkait pengoperasian mesin kabut dan kipas, berdasarkan kondisi lingkungan yang terdeteksi. Jika mesin kabut telah menyala namun kelembaban sudah mencapai batas optimal, sistem secara otomatis akan mematikan mesin kabut untuk mencegah kelembaban berlebih. Setelah itu, sistem kembali memeriksa apakah kelembaban di dalam kumbung berada di bawah 80%. Jika ya, kipas akan dinyalakan untuk meningkatkan sirkulasi udara dan membantu mengatur kelembaban secara tidak langsung. Namun, jika kelembaban sudah berada pada tingkat yang cukup, kipas akan dimatikan. Proses ini juga melibatkan mekanisme pengecekan untuk memastikan status kipas, yaitu apakah kipas sedang menyala atau mati, dan sistem akan menyesuaikan statusnya berdasarkan kondisi lingkungan yang diukur oleh sensor. Setelah setiap langkah keputusan ini diambil, alur kembali ke tahap awal untuk membaca ulang data suhu dan kelembaban. Dengan mekanisme ini, sistem dapat beroperasi secara berulang tanpa henti, sehingga menjaga suhu dan kelembaban di dalam kumbung jamur tetap konsisten pada tingkat optimal. *Flowchart* ini menggambarkan proses kerja yang komprehensif untuk memantau, mengambil keputusan, dan mengontrol lingkungan secara otomatis, memastikan kondisi yang ideal bagi pertumbuhan jamur sepanjang waktu.

3.2 Cara Kerja Sistem

Sistem ini dikembangkan dari beberapa komponen dan diatur sedemikian rupa agar bekerja secara otomatis. Proses dimulai dengan pembacaan suhu dan kelembaban oleh sensor DHT11. Data suhu dan kelembaban yang dideteksi oleh sensor tersebut kemudian dikirim ke mikrokontroler NodeMCU sebagai pusat pengendali. Berdasarkan data tersebut, NodeMCU akan mengambil tindakan yang perlu diambil untuk menjaga kondisi lingkungan tetap optimal. Jika suhu atau kelembaban berada di luar batas optimal, NodeMCU akan mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat yang sesuai melalui *relay*. *Relay* bertindak sebagai saklar otomatis yang mengontrol kipas *exhaust* untuk mengurangi suhu atau kelembaban berlebih dengan mengeluarkan udara dari dalam kumbung, serta mesin kabut untuk meningkatkan kelembaban saat diperlukan.



Gambar 4 *Prototype*

Gambar 4 menggambarkan wujud fisik atau model awal dari sistem pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembaban berbasis IoT yang telah dirancang. Prototype ini menunjukkan bagaimana berbagai komponen seperti sensor DHT11, mikrokontroler NodeMCU, *relay*, kipas *exhaust*, mesin kabut, dan layar LCD dirangkai dan diintegrasikan secara fisik. Melalui *prototype* ini, dapat dilihat secara langsung tata letak komponen serta bagaimana sistem tersebut bekerja dalam menjaga kondisi lingkungan optimal untuk budidaya jamur. Selain itu, NodeMCU juga menampilkan data suhu dan kelembaban secara *real-time* pada layar LCD, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan secara langsung di lokasi. Data tersebut juga dikirimkan melalui internet, sehingga petani dapat mengakses dan memantau kondisi lingkungan kumbung dari luar lokasi budidaya dengan menggunakan perangkat yang terkoneksi dengan internet. Dengan demikian, sistem ini memungkinkan pengendalian suhu dan

kelembaban secara otomatis, *real-time*, dan jarak jauh, guna menciptakan lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan jamur.

3.3 Hasil Pengujian Sistem

Hasil pengujian terhadap alat dan sistem dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Tabel Pengujian Alat dan Sistem

Komponen	Target	Hasil	Keterangan
Sensor DHT11	Membaca suhu dan kelembaban secara <i>real-time</i> di dalam kumbung	Sensor memberikan data akurat sesuai kondisi sebenarnya	Sesuai
NodeMCU	Mengendalikan perangkat berdasarkan data dari sensor	mengirim sinyal pengaktifan pada <i>relay</i> sesuai kondisi	sesuai
<i>Relay</i>	Mengaktifkan dan menonaktifkan perangkat (kipas, mesin kabut) sesuai perintah dari NodeMCU	Aktif jika parameter di luar batas optimal	Sesuai
Kipas Exhaust	Menurunkan suhu saat kondisi terlalu tinggi	Kipas aktif saat suhu >30°C, efektif menurunkan suhu	Sesuai
Mesin Kabut	Meningkatkan kelembaban saat kondisi terlalu rendah	Mesin kabut aktif saat kelembaban <80%	Sesuai
Layar LCD	Menampilkan data suhu dan kelembaban secara <i>real-time</i>	Menampilkan data akurat dan mudah terbaca	Sesuai
<i>Blynk</i>	Menampilkan data suhu dan kelembaban dari NodeMCU	Blynk dapat data dari NodeMCU	Sesuai

Berdasarkan Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa seluruh komponen sistem, yaitu Sensor DHT11, NodeMCU, *Relay*, Kipas *Exhaust*, Mesin Kabut, Layar LCD, dan *Blynk*, berfungsi sesuai dengan target yang ditetapkan. Sensor DHT11 berhasil membaca suhu dan kelembaban secara akurat, NodeMCU mengendalikan perangkat dengan tepat, dan *relay* mengaktifkan/menonaktifkan perangkat pendukung seperti kipas *exhaust* (aktif saat suhu > 30°C) dan mesin kabut (aktif saat kelembaban < 80%) sesuai kondisi optimal. Layar LCD menampilkan data secara *real-time* dan mudah dibaca, sementara *Blynk* berhasil menerima data dari NodeMCU. Ini menunjukkan bahwa sistem pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembaban berbasis IoT ini telah berhasil diimplementasikan dan beroperasi dengan baik.

3.4 Jamur Hasil Uji Coba

Jamur hasil uji coba dalam penelitian ini menunjukkan bagaimana sistem pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembaban yang menerapkan konsep *Internet of Things* (IoT) dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas budidaya. Tabel 2 memperlihatkan perbandingan hasil pertumbuhan jamur dengan dan tanpa pengendalian suhu serta kelembaban. Pada gambar sebelah kiri, jamur yang tumbuh dengan pengendalian suhu dan kelembaban menggunakan sistem otomatis berbasis IoT menunjukkan hasil yang optimal. Jamur ini memiliki ukuran yang besar, bentuk yang rapi, dan warna yang cerah, menandakan pertumbuhan yang sehat dan ideal, seperti terlihat dari pengukuran dengan penggaris. Sementara itu, pada gambar sebelah kanan, jamur yang tumbuh tanpa pengendalian suhu dan kelembaban tampak jauh lebih kecil, bentuknya kurang sempurna, dan warnanya lebih pucat atau kecokelatan, yang mengindikasikan pertumbuhan yang tidak optimal. Perbedaan yang signifikan ini menunjukkan bahwa pengendalian suhu dan kelembaban yang konsisten sangat berpengaruh terhadap kualitas dan

ukuran jamur yang dihasilkan, di mana sistem pengendalian otomatis mampu menciptakan kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan jamur.

Tabel 2 Tabel Pengujian Alat dan Sistem

Jamur Pengontrolan Suhu dan Kelembaban	Jamur Tanpa Pengontrolan suhu dan kelembaban
	

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan pengendalian suhu serta kelembaban berbasis Internet of Things (IoT) guna optimalisasi budidaya jamur. Sistem yang memanfaatkan mikrokontroler NodeMCU, sensor suhu dan kelembaban, *relay*, serta perangkat pendukung lainnya, terbukti mampu menyediakan pemantauan *real-time* yang akurat dan otomatis dalam menjaga kondisi lingkungan kumbung. Integrasi IoT memungkinkan pengguna untuk memonitor dan mengendalikan parameter suhu dan kelembaban dari jarak jauh, sehingga secara signifikan meningkatkan efisiensi waktu, tenaga, dan pengelolaan lingkungan budidaya.

Implementasi sistem ini menunjukkan bahwa pengaturan suhu dan kelembaban secara otomatis dapat menjaga kondisi optimal yang konsisten, berkontribusi langsung pada peningkatan produktivitas dan kualitas hasil panen jamur. Selain itu, sistem ini mengurangi intervensi manual, mengefisienkan waktu, dan meminimalkan potensi kesalahan manusia, sehingga meningkatkan efisiensi operasional bagi petani dalam mengelola sumber daya secara lebih efektif.

Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem ini dapat diperkaya dengan fitur analisis data historis dan prediksi kondisi lingkungan guna peningkatan kinerja. Selain itu, sistem ini juga berpotensi untuk dikembangkan agar lebih fleksibel dan dapat diterapkan pada jenis budidaya lain yang memerlukan pengendalian parameter lingkungan secara otomatis.

REFERENSI

- [1] T. A. Richards, G. Leonard, and J. G. Wideman, "What Defines the 'Kingdom' Fungi?," *Microbiol. Spectr.*, vol. 5, no. 3, Jun. 2017, doi: 10.1128/microbiolspec.FUNK-0044-2017.
- [2] N. N. Wijayawardene *et al.*, "Classes and phyla of the kingdom Fungi," *Fungal Divers.*, vol. 128, no. 1, pp. 1–165, 2024, doi: 10.1007/s13225-024-00540-z.
- [3] A. Hamza, A. Mylarapu, K. V. Krishna, and D. S. Kumar, "An insight into the nutritional and medicinal value of edible mushrooms: A natural treasury for human health," *J. Biotechnol.*, vol. 381, pp. 86–99, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2023.12.014>.
- [4] P. Sihombing, T. P. Astuti, Herriyance, and D. Sitompul, "Microcontroller based automatic

- temperature control for oyster mushroom plants,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 978, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/978/1/012031.
- [5] Sangeeta, D. Sharma, S. Ramniwas, R. Mugabi, J. Uddin, and G. A. Nayik, “Revolutionizing Mushroom processing: Innovative techniques and technologies,” *Food Chem. X*, vol. 23, p. 101774, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101774>.
- [6] S. Ten, G. Krishnen, K. Khulidin, M. A. Mohamad Tahir, M. Hashim, and S. Khairudin, “Automated Controlled Environment Mushroom House,” *Adv. Agric. Food Res. J.*, 2021, doi: 10.36877/aafrij.a0000230.
- [7] H. Leithäuser, R. Kirschner, and M.-J. Tsai, “Exploring Mushroom Cultivation Under the 13 Principles of the Agroecological Transition. A Review,” *J. Sustain. For.*, vol. 44, no. 7, pp. 679–712, 2025, doi: 10.1080/10549811.2025.2532823.
- [8] S. Arsella, M. Fadhli, and L. Lindawati, “Optimasi Pertumbuhan Jamur Tiram Melalui Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan Teknologi IoT,” *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 6, no. 1, pp. 34–42, 2023, doi: 10.31598/jurnalresistor.v6i1.1405.
- [9] R. A. Rahman and M. Muskhir, “Monitoring Pengontrolan Suhu dan Kelembaban Kumbung Jamur tiram,” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 266–272, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i2.184.
- [10] A. F. Daru, S. Susanto, W. Adhiwibowo, and ..., “Internet of Thing Based Automatic Temperature and Humidity Regulation Model for Oyster Mushroom Cultivation,” *J. ...*, vol. 12, no. 3, pp. 7–11, 2020, [Online]. Available: <https://journal.utem.edu.my/index.php/jtec/article/view/5756/0%0Ahttps://journal.utem.edu.my/index.php/jtec/article/viewFile/5756/3953>
- [11] F. Masykur *et al.*, “Rancang Bangun Internet of Things (Iot) Guna Pengendalian Suhu dan kelembapan Pada Kumbung Jamur,” pp. 140–144, 2019.
- [12] Handi, H. Fitriyah, and G. E. Setyawan, “Sistem Pemantauan Menggunakan Blynk dan Pengendalian Penyiraman Tanaman Jamur Dengan Metode Logika Fuzzy,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 4, pp. 3258–3265, 2021.
- [13] H. T. Hoa and C.-L. Wang, “The Effects of Temperature and Nutritional Conditions on Mycelium Growth of Two Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*).,” *Mycobiology*, vol. 43, no. 1, pp. 14–23, Mar. 2015, doi: 10.5941/MYCO.2015.43.1.14.
- [14] Y. D. Surige, P. W. S. M, G. P. K. N, A. K. P. W, N. Gamage, and D. Nawinna, “IoT-based Monitoring System for Oyster Mushroom Farming,” in *2021 3rd International Conference on Advancements in Computing (ICAC)*, 2021, pp. 79–84. doi: 10.1109/ICAC54203.2021.9671112.
- [15] H. Rahman *et al.*, “IoT enabled mushroom farm automation with Machine Learning to classify toxic mushrooms in Bangladesh,” *J. Agric. Food Res.*, vol. 7, p. 100267, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100267>.
- [16] M. Rukhiran, C. Sutanthavibul, S. Boonsong, and 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, 2023, doi: 10.3390/su151813968.
- [17] S. Adebayo, H. O. Aworinde, O. O. Olufemi, C. O. Osueke, A. E. Adeniyi, and O. Julius Aroba, “Understanding mushroom farm environment using TinyML-based monitoring devices,” *Environ. Res. Commun.*, vol. 7, no. 4, p. 45014, Apr. 2025, doi: 10.1088/2515-7620/adc5cd.
- [18] M. F. Rustan, “Smart Monitoring Hidroponik Berbasis Internet of Things,” *J. Comput. Inf. Syst. (J-CIS)*, vol. 4, no. 2, pp. 51–61, 2021, doi: 10.31605/jcis.v4i2.1494.
- [19] F. Wang, L. Fang, and Z. Shi, “Bioremediation of Contaminated Soil by Fungi: A Call for Research,” Sep. 2024, *Switzerland*. doi: 10.3390/jof10100684.