

PEMANFAATAN TELEMETRI UNTUK SISTEM PENGENDALI SUHU PADA KUMBUNG JAMUR BERBASIS LORA

Tsany Ammar Rasyid^{1*}, Ahmad Alfaruqi Haqinullah², Dzaki Fajri Arrafi³, Muhammad Ifan Ghaffar⁴, Sheisya Rhieyanetta Divanny⁵, Kevin Rafie Saputra⁶, Purno Tri Aji⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Departemen Teknik Elektro dan Elektronika, Universitas Negeri Yogyakarta; Jl. Colombo No. 1, Karang Malang, Depok, Sleman, Yogyakarta; 0274550919

Received: 2 Januari 2024

Accepted: 14 Januari 2025

Published: 20 Januari 2025

Keywords:

Telemetry;

Lora;

Mushroom Kumbung;

IoT.

Correspondent Email:

dzaki1933@gmail.com

Abstrak. Perkembangan teknologi berkembang ke berbagai bidang termasuk industri, Budidaya jamur tiram di Indonesia menghadapi tantangan dalam menjaga kondisi lingkungan optimal, terutama suhu dan kelembaban, yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil panen. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pengendali suhu dan kelembaban berbasis teknologi telemetri menggunakan LoRa untuk mendukung otomatisasi dan efisiensi budidaya jamur. Sistem ini menggunakan sensor DHT11 untuk membaca parameter lingkungan, yang datanya dikirimkan melalui modul LoRa dari Arduino UNO sebagai transmitter ke ESP32 sebagai receiver. Data yang diterima dikirim ke platform Arduino Cloud untuk pemantauan real-time. Sistem ini mengontrol kipas pendingin dan pompa air secara otomatis berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga suhu dalam rentang 16–30 °C dan kelembaban 80–95%, sesuai kebutuhan jamur tiram. Penggunaan teknologi LoRa memungkinkan komunikasi data jarak jauh hingga 10 km, sementara integrasi dengan cloud mempermudah pemantauan dan pengendalian. Sistem ini mengurangi pengawasan manual, meningkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi risiko kegagalan panen. Kesimpulannya, teknologi ini memberikan solusi inovatif untuk otomatisasi pertanian cerdas dan memiliki potensi untuk diterapkan pada skala yang lebih luas di sektor agrikultur lainnya.

Abstract. Technological developments have penetrated into various fields including industry. Oyster mushroom cultivation in Indonesia faces challenges in maintaining optimal environmental conditions, especially temperature and humidity, which greatly affect growth and yields. This study aims to design a temperature and humidity control system based on telemetry technology using LoRa to support automation and efficiency of mushroom cultivation. This system uses a DHT11 sensor to read environmental parameters, the data of which is sent via the LoRa module from Arduino UNO as a transmitter to ESP32 as a receiver. The received data is sent to the Arduino Cloud platform for real-time monitoring. This system automatically controls the cooling fan and water pump based on temperature and humidity conditions. The results showed that the system was able to maintain temperatures in the range of 16–30 °C and humidity of 80–95%, according to the needs of oyster mushrooms. The use of LoRa technology allows long-distance data communication up to 10 km, while integration with the cloud facilitates monitoring and control. This system reduces manual supervision, increases operational efficiency, and reduces the risk of crop failure. In conclusion, this technology provides an innovative solution for smart agricultural automation and has the potential to be applied on a wider scale in other agricultural sectors

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak di daerah tropis sehingga memiliki

keanekaragaman hayati yang tinggi dibandingkan dengan daerah subtropis (iklim sedang) dan kutub (iklim kutub). Tingginya keanekaragaman hayati ini terlihat dari berbagai macam ekosistem yang ada di Indonesia, seperti: ekosistem pantai, ekosistem hutan bakau, ekosistem padang rumput, ekosistem hutan, hujan tropis, ekosistem air tawar, ekosistem air laut, ekosistem savana, dan lain-lain. Masing masing ekosistem ini keanekaragaman hayati tersendiri. Jamur merupakan memiliki salah satu keanekaragaman hayati. Budidaya Jamur belakangan ini banyak sekali orang menekuninya. Di Yogyakarta terdapat lebih dari seratus kelompok pembudidaya jamur tiram. Peminat pembudidaya jamur tiram pun semakin meningkat. Melihat potensi jamur yang dapat tumbuh sepanjang tahun dan kandungan gizi yang terdapat pada jamur tiram merupakan faktor yang memicu Aji Nugroho, et.al. Pengatur Suhu dan Kelembaban Kumbung Jamur Otomatis 49 masyarakat tertarik membudidaya jamur tiram[1].

Jamur tiram (*Pleurotus sp*) merupakan komoditas pangan yang sangat diminati masyarakat, selain karena kandungan nutrisinya yang tinggi, jamur tiram dapat diolah dalam berbagai ragam makanan, seperti oseng-oseng dan keripik (Daryani, 1999). Jamur tiram dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan dengan rentang temperatur 16 – 30 °C dan kelembaban 80 – 95% (Daryani, 1999; Oei & Nieuwenhuijzen, 2005; Widyastuti & Tjokrokusumo, 2008; Ginting dkk., 2013; Suhardiyanto, 2009)[2].

Pertumbuhan jamur yang optimal sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan terutama suhu dan kelembaban. Budidaya jamur telah menjadi salah satu usaha pertanian yang menjanjikan di Indonesia, namun kestabilan suhu memerlukan perhatian khusus agar kumbun (ruang tumbuh jamur) dapat dikelola secara optimal. Suhu yang tidak stabil dapat menghambat pertumbuhan jamur dan menyebabkan kegagalan panen. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak akan teknologi pengontrol suhu yang dapat memantau dan menjaga kondisi ideal di dalam rumah jamur. Saat ini pengaturan suhu pada kandang jamur sebagian besar masih dilakukan

secara manual. Petani harus memeriksa suhu secara rutin dan menyesuaikan jika perlu, yang memerlukan waktu dan tenaga. Teknologi telemetri memainkan peran penting di sini. Telemetri memungkinkan pemantauan suhu secara real-time dari lokasi terpencil, sehingga petani dapat mengontrol kondisi lingkungan tanpa harus berada di lokasi. Namun, tantangan tetap ada pada teknologi telemetri yang efisien dan tersebar luas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem pengendalian suhu dan kelembaban sangat penting untuk berbagai aplikasi, seperti mengelola kumbung jamur. Selain itu, berbagai perangkat elektronik modern, seperti mikrokontroler, sensor, dan modul komunikasi, telah digunakan untuk mendukung sistem otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem.

2.1 Arduino UNO

Arduino didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik yang open source, berbasis pada software dan hardware yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk seniman, desainer, hobbies dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan yang interaktif. Arduino sebagai sebuah platform komputasi fisik (Physical Computing) yang open source pada board input sederhana, yang dimaksud dengan platform komputasi fisik disini adalah sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan software dan hardware yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi. kelebihan arduino dari platform hardware mikrokontroler lain adalah (Artanto, 2014) Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat menggunakannya. Arduino Uno menggunakan Atmega16u2 yang diprogram sebagai USB to-serial converter untuk komunikasi serial ke komputer melalui port USB[3].



Gambar 1. Arduino Uno R3

2.2 ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (System on Chip) terpadu dengan dilengkapi WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai peripheral. ESP32 adalah chip yang cukup lengkap, terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada GPIO (General Purpose Input Output). ESP32 bisa digunakan untuk rangkaian pengganti pada Arduino, ESP32 memiliki kemampuan untuk mendukung terkoneksi ke WIFI secara langsung (Agus Wagyana, 2019). Adapun spesifikasi dari ESP32 adalah sebagai berikut: Board ini memiliki dua versi, yaitu 30 GPIO dan 36 GPIO. Keduanya memiliki fungsi yang sama tetapi versi yang 30 GPIO dipilih karena memiliki dua pin GND. Semua pin diberi label di bagian atas board sehingga mudah untuk dikenali. Board ini memiliki interface USB to UART yang mudah diprogram dengan program pengembangan aplikasi seperti Arduino IDE. Sumber daya board bisa diberikan melalui konektor micro USB[4].



Gambar 2. ESP32

2.3 Lora Ra-01

Modul LoRa RA-01 adalah perangkat komunikasi nirkabel yang dirancang untuk transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Modul ini menggunakan chip SX1278 yang beroperasi pada frekuensi 433 MHz, memungkinkan komunikasi data hingga jarak 10 km dalam kondisi ideal[5].

Dalam implementasinya, RA-01 sering digunakan dalam aplikasi Internet of Things (IoT) yang memerlukan komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya minimal, seperti sistem

pemantauan lingkungan, pertanian cerdas, dan infrastruktur kota pintar. Modul ini berkomunikasi melalui antarmuka SPI, memudahkan integrasi dengan mikrokontroler atau sistem embedded lainnya[6].



Gambar 3. Lora Ra-01

2.4 RTC DS3231

Modul RTC DS3231 adalah salah satu module yang berfungsi sebagai RTC (Real Time Clock) atau pewaktuan digital serta adanya fitur pengukur suhu yang terdapat di dalam 1 module. Interface atau antar muka untuk mengakses modul ini yaitu menggunakan i2c atau two wire (SDA dan SCL). Module DS3231 RTC ini sudah tersedia dengan baterai CR2032 3V yang berfungsi sebagai backup RTC apabila daya utama mati. Selain itu terdapat juga EEPROM AT24C32 yang bisa memberi 32 k EEPROM untuk menyimpan data [7].



Gambar 4. RTC DS3231

2.5 DHT11

Sensor DHT11 adalah modul sensor yang berfungsi untuk mensensing objek suhu dan kelembaban yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Sensor DHT11 pada umumnya memiliki fitur kalibrasi nilai pembacaan suhu dan kelembaban yang cukup akurat. Penyimpanan data kalibrasi tersebut terdapat pada memori program OTP yang disebut juga dengan nama koefisien kalibrasi[8].



Gambar 5. DHT11



Gambar 7. Pompa Air 5V

2.6 Relay

Relay adalah komponen elektronika yang bersifat elektronis dan sederhana serta tersusun oleh saklar, lilitan, dan poros besi. Relay bekerja dengan cara ketika solenoid dialiri listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnetik. Pada saat solenoid tidak dialiri listrik maka gaya magnet akan hilang[9]. Relay terdiri dari dua bagian yaitu elektromagnet (coil) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar), dengan memanfaatkan prinsip elektromagnetik, kontak saklar dapat dihidupkan dengan arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik bertegangan lebih tinggi. Relay memiliki tegangan pengoperasian 5V, arus yang diperlukan 5mA, memiliki konfigurasi 1 channel untuk mengaktifkan low / high[10].



Gambar 6. Relay 5V

2.7 Pompa Air

Pompa Air adalah suatu rangkaian elektronika yang dikemas menjadi suatu instrumen, yang mempunyai fungsi sebagai penyedia aliran air dalam debit besar dengan prinsip kerja menghisap air yang tersedia dan mendistribusikan aliran air tersebut kepada setiap saluran keluaran air. Untuk pembagian jenis dari rangkaian pompa air dapat diklasifikasikan melalui kekuatan daya hisap, daya listrik yang dikonsumsi, level ketinggian distribusi air, dan level ketinggian penampungan air. Perhitungan dari daya hisap air dan daya listrik yang dikonsumsi biasanya akan sebanding, jadi apabila pompa air mengalirkan air dalam jumlah debit yang besar maka akan semakin besar pula daya yang dikonsumsi oleh rangkaian pompa air[11].

2.8 Kipas Pendingin

Kipas Pendingin adalah mengatur volume panas udara agar ruangan yang tidak mengalami suhu panas dan dapat bersirkulasi udara secara normal. Pada umumnya kipas angin dimanfaatkan untuk pendingin udara, penyegar udara, ventilasi (*exhaust fan*), atau pengering (umumnya memakai komponen penghasil panas). Terdapat dua jenis kipas angin berdasarkan arah angin yang dihasilkan, yaitu kipas angin centrifugal (angin mengalir searah dengan poros kipas) dan kipas angin axial (angin mengalir secara paralel dengan poros kipas) [12].



Gambar 8. Kipas Pendingin 5V

2.8 Miniatur Kumbung Jamur

Miniatur kumbung jamur digunakan sebagai model eksperimental untuk menguji sistem otomatisasi modern yang mengontrol suhu dan kelembaban. Kumbung jamur adalah ruangan yang dirancang khusus untuk budidaya jamur. Sistem otomatisasi kumbung jamur dapat dibangun dengan menggunakan perangkat-perangkat ini untuk meningkatkan produktivitas budidaya sambil mengurangi jumlah pekerjaan manual yang diperlukan.



Gambar 9. Kumbung Jamur

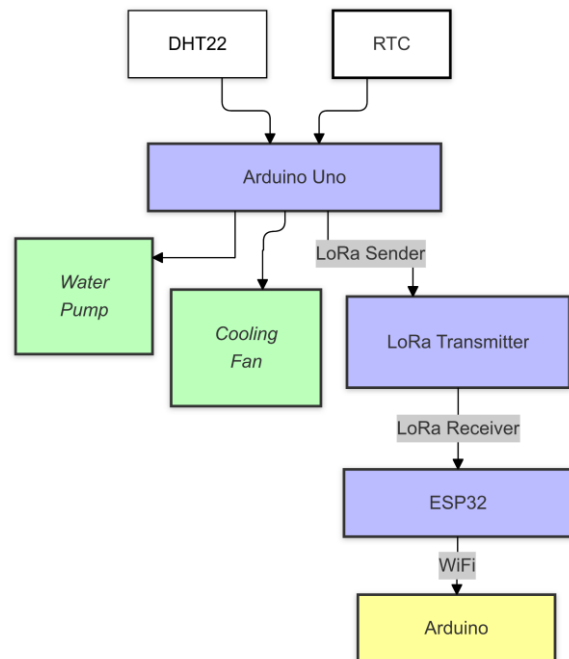
3. METODE PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan menerapkan sistem pengendali suhu dan kelembaban pada kumbung jamur berbasis telemetri menggunakan teknologi LoRa. Untuk mencapai tujuan ini, literatur sebelumnya telah dipelajari, termasuk sistem pengendali suhu, sensor, mikrokontroler seperti Arduino UNO dan ESP32, dan modul komunikasi seperti LoRa RA-01. Berdasarkan informasi ini, metode penelitian dirancang untuk melibatkan beberapa tahapan utama.

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen, yang melibatkan pengujian komponen dan sistem secara langsung untuk memastikan bahwa perangkat yang dirancang dapat berfungsi dengan benar. Penelitian ini terdiri dari :

3.1 Diagram Blok

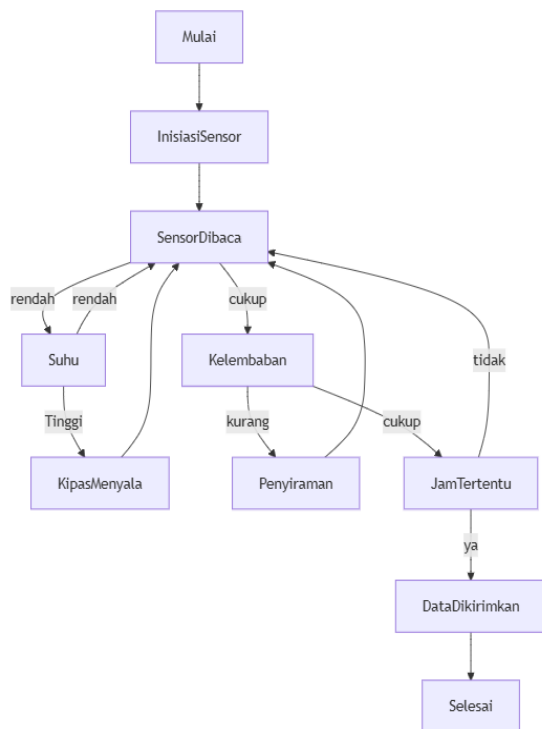
Diagram blok adalah representasi visual dari sistem secara keseluruhan yang menunjukkan fungsi utama dan hubungan antara komponennya. Untuk sistem pengendali suhu dan kelembaban pada kumbung jamur berbasis LoRa, diagram blok berikut menunjukkan hubungan antara mikrokontroler, sensor suhu dan kelembaban, modul LoRa, dan perangkat keluaran, seperti kipas pendingin dan pompa air, yang diaktifkan berdasarkan nilai sensor.



Gambar 10. Diagram Blok

DHT11 digunakan sebagai sensor suhu dan kelembaban serta sebagai sensor *Real Time* (RTC) dalam sistem yang dirancang pada penelitian ini. Kedua perangkat ini terhubung ke Arduino Uno, yang berfungsi sebagai transmitter dan membaca data input. Arduino Uno juga dapat mengontrol perangkat output seperti pompa air dan fan pemanasan berdasarkan suhu, kelembaban, atau waktu yang telah ditentukan. Selanjutnya, data yang dikumpulkan dikirim melalui komunikasi LoRa melalui LoRa Sender ke LoRa Receiver yang terhubung dengan ESP32. ESP32 berfungsi sebagai penerima dan bertanggung jawab untuk menerima data dari LoRa dan mengirimkannya ke Arduino Cloud melalui konektivitas Wi-Fi. Dengan integrasi ini, platform cloud memungkinkan pengawasan jarak jauh yang efektif dengan melacak data suhu, kelembaban, dan status perangkat secara real-time.

3.2 Flowchart



Gambar 11. Flowchart

Flowchart ini menggambarkan alur kerja sistem monitoring dan kontrol berbasis mikrokontroler untuk mengatur suhu dan kelembaban. Berikut adalah penjelasan setiap langkah pada flowchart:

1. Mulai

Proses dimulai dengan mengaktifkan sistem, memastikan semua komponen perangkat keras telah terhubung dan sistem siap beroperasi.

2. Inisiasi Sensor

Sistem melakukan inisialisasi sensor untuk membaca parameter lingkungan. Inisiasi ini bertujuan memastikan sensor berfungsi dengan benar sebelum memulai pengambilan data.

3. Sensor Dibaca

Sistem membaca data dari sensor suhu dan kelembaban untuk mendapatkan informasi kondisi lingkungan secara real-time.

4. Pemeriksaan Suhu

Data suhu yang diperoleh dibandingkan dengan nilai ambang batas:

- Jika suhu rendah, sistem kembali membaca sensor untuk pembaruan data.

- Jika suhu tinggi, sistem akan menyalakan kipas untuk menurunkan suhu.

5. Pemeriksaan Kelembaban

Data kelembaban diperiksa:

- Jika kelembaban cukup, sistem kembali membaca data sensor.
- Jika kelembaban kurang, sistem akan mengaktifkan proses penyiraman untuk meningkatkan kelembaban.

6. Pengiriman Data

Pada jam tertentu, data suhu dan kelembaban yang diperoleh dikirimkan ke perangkat penerima untuk diproses atau disimpan.

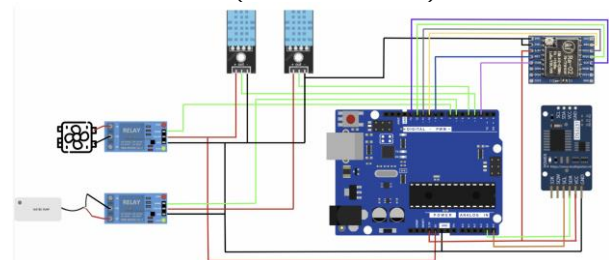
7. Selesai

Setelah proses di atas selesai, sistem kembali ke kondisi awal untuk memulai siklus berikutnya.

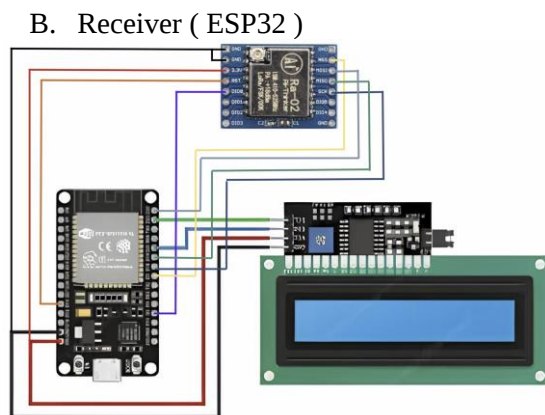
Flowchart ini menjelaskan bagaimana sistem secara otomatis mengatur suhu dan kelembaban lingkungan berdasarkan data sensor. Mekanisme pengendalian melibatkan pengaktifan kipas untuk mengurangi suhu dan penyiraman untuk meningkatkan kelembaban sesuai kebutuhan. Data yang dikumpulkan juga dikirimkan secara berkala untuk pemantauan dan pencatatan.

3.3 Diagram Wiring

A. Transceiver (Arduino UNO)



Gambar 12. Diagram Wiring



Gambar 13. Diagram Wiring

Pada gambar 12. Diagram Wiring Transceiver (Arduino UNO). Bagian ini menunjukkan konfigurasi rangkaian transceiver yang menggunakan Arduino UNO sebagai mikrokontroler utama. Transceiver bertugas untuk mengirimkan data dari sensor ke receiver melalui modul komunikasi. Komponen utama pada rangkaian ini meliputi:

1. DHT11

Sensor suhu dan kelembaban, yang dihubungkan ke pin digital Arduino untuk membaca parameter lingkungan. Dua unit sensor DHT11 digunakan untuk memantau lebih dari satu lokasi.

2. Relay

Dua buah modul relay digunakan untuk mengontrol perangkat eksternal, seperti aktuator atau perangkat elektronik lain, berdasarkan data yang diterima dari sensor. Relay dihubungkan ke pin digital untuk menerima sinyal kontrol dari Arduino.

3. NRF24L01

Modul komunikasi nirkabel yang berfungsi sebagai pengirim data (transmitter). Modul ini dihubungkan melalui jalur komunikasi SPI dengan pin Arduino.

4. Arduino UNO

Mikrokontroler ini bertindak sebagai pusat pemrosesan, menerima input dari sensor, memproses data, dan mengirimkan sinyal kontrol ke relay serta data ke modul komunikasi NRF24L01.

5. Power Supply

Rangkaian ini juga mencakup sumber daya untuk menyuplai tegangan yang sesuai ke setiap komponen.

Pada gambar 13. Diagram Wiring Receiver (ESP32). Bagian ini menggambarkan konfigurasi rangkaian receiver yang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama. Receiver bertugas menerima data yang dikirimkan oleh transceiver, memproses nya, dan menampilkan informasi ke pengguna. Komponen utama pada rangkaian ini meliputi:

1. NRF24L01

Modul komunikasi nirkabel yang berfungsi sebagai penerima data (receiver) dari transceiver. Modul ini dihubungkan ke ESP32 melalui jalur komunikasi SPI.

2. ESP32

Mikrokontroler yang memiliki kemampuan komunikasi nirkabel dan prosesor yang cepat. ESP32 memproses data yang diterima dari NRF24L01 dan mengontrol perangkat lainnya.

3. I2C LCD

Layar LCD dengan antarmuka I2C digunakan untuk menampilkan data yang diterima, seperti informasi suhu dan kelembaban, sehingga mempermudah pengguna dalam memonitor data secara langsung.

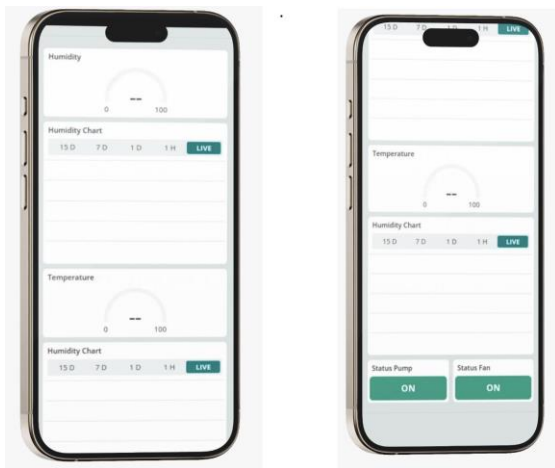
4. Power Supply

Rangkaian receiver juga mencakup sumber daya yang sesuai untuk mengoperasikan semua komponen.

Sistem ini dirancang untuk mengumpulkan data lingkungan seperti suhu dan kelembaban dari sensor DHT11 yang dihubungkan ke transceiver berbasis Arduino UNO. Data tersebut dikirimkan secara nirkabel menggunakan modul NRF24L01 ke receiver berbasis ESP32. Receiver menerima data, memproses nya, dan menampilkan hasilnya pada layar LCD. Selain itu, modul relay pada transceiver memungkinkan pengendalian perangkat eksternal berdasarkan data yang dikumpulkan.

3.4 Perancangan Penampilan Data

Penampilan data pada sistem ini dilakukan melalui komunikasi I2C yang terhubung dengan ESP32 sebagai perangkat receiver. Selain itu, hasil pembacaan dari sensor ditampilkan menggunakan platform Arduino Cloud, yang memungkinkan pemantauan kondisi kumbung jamur secara real-time dan dari jarak jauh melalui akses internet. Integrasi ini memudahkan pengguna untuk mengamati perubahan parameter penting, seperti suhu dan kelembaban, sehingga kondisi kumbung dapat dipantau dan dikendalikan dengan lebih efektif.



Gambar 14. Perancangan Penampil Data

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pengendali suhu dan kelembaban untuk kumbung jamur berbasis teknologi telemetri menggunakan modul LoRa. Sistem yang dirancang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan secara real-time dengan keunggulan akses jarak jauh. Keberhasilan sistem ini mencakup beberapa aspek penting yang mendukung efektivitasnya:

4.1 Fungsi Utama Sistem

Pada sistem yang dikembangkan, sensor DHT11 digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban lingkungan secara real-time. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan melalui modul LoRa RA-01, di mana Arduino UNO berperan sebagai transmitter dan ESP32 sebagai

receiver. Modul LoRa RA-01 memungkinkan transmisi data dengan jangkauan hingga 10 km, sehingga sistem dapat beroperasi pada area yang luas tanpa kehilangan koneksi. Data yang diterima oleh ESP32 selanjutnya diunggah ke Arduino Cloud, sehingga pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembaban secara daring melalui internet. Dengan implementasi ini, sistem mendukung pemantauan jarak jauh yang efisien dan andal.

4.2 Pengendalian Aktuator

Dalam pengendalian aktuator, sistem menggunakan relay untuk mengontrol kipas pendingin dan pompa air berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban yang terdeteksi. Ketika suhu lingkungan berada di luar rentang ideal 16–30 °C atau kelembaban tidak mencapai nilai optimal 80–95%, sistem secara otomatis mengaktifkan kipas atau pompa air untuk menyesuaikan kondisi lingkungan. Pengendalian ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang ideal bagi pertumbuhan jamur tiram, sehingga menghasilkan kualitas dan kuantitas panen yang optimal. Mekanisme otomatis ini memastikan efisiensi dalam penggunaan energi dan air, sekaligus meminimalkan intervensi manual.

4.3 Pengujian

1. Pengujian Pembacaan Sensor Suhu dan Kelembaban (DHT11)

Pengujian pada sensor pertama dilakukan untuk memastikan bahwa sensor DHT11 dapat membaca data suhu dan kelembaban dengan baik. Sensor dihubungkan ke mikrokontroler yang telah diprogram untuk membaca data secara periodik. Data yang terbaca ditampilkan pada serial monitor untuk memverifikasi hasil pembacaan.

Tabel 1. Hasil Pembacaan Sensor Pertama DHT11

JAM	SUHU	KELEMBAPAN
1	25.30°C	67.00%
2	25.30°C	67.00%
3	25.30°C	67.00%
4	25.30°C	67.00%
5	25.30°C	67.00%
6	25.30°C	67.00%
7	25.30°C	67.00%
8	25.30°C	67.00%
9	25.30°C	67.00%
10	25.30°C	67.00%

2. Pengujian Pembacaan Sensor Suhu dan Kelembaban (DHT11)

Pengujian pada sensor pertama dilakukan untuk memastikan bahwa sensor DHT11 dapat membaca data suhu dan kelembaban dengan baik. Sensor dihubungkan ke mikrokontroler yang telah diprogram untuk membaca data secara periodik. Data yang terbaca ditampilkan pada serial monitor untuk memverifikasi hasil pembacaan.

Tabel 2. Hasil Pembacaan Sensor Kedua DHT11

JAM	SUHU	KELEMBAPAN
1	27.10°C	62.00%
2	27.10°C	62.00%
3	27.10°C	62.00%
4	27.10°C	62.00%
5	27.10°C	62.00%
6	27.10°C	62.00%
7	27.10°C	62.00%
8	27.10°C	62.00%
9	27.10°C	62.00%
10	27.10°C	62.00%

3. Pengujian Jarak Transmisi Line Of Sight (LORA)

Pengujian jarak transmisi *Line of Sight* (LoRa) dilakukan untuk mengetahui sejauh mana modul LoRa dapat mengirimkan data tanpa hambatan fisik di jalur transmisinya. Line of Sight (LOS) merujuk pada kondisi ideal di mana antara pemancar dan penerima tidak terdapat penghalang seperti bangunan, pohon, atau objek lainnya, sehingga memungkinkan gelombang radio bergerak secara langsung. Dalam pengujian ini, dua modul LoRa digunakan, yaitu modul pengirim (transmitter) dan modul penerima (receiver). Modul pengirim diprogram untuk mengirimkan data secara periodik, sedangkan modul penerima diprogram untuk menerima dan mencatat data yang dikirimkan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Jarak Transmisi Line Of Sight (LORA)

JARAK (Meter)	SUHU	KELEMBAPAN	SUHU	KELEMBAPAN
1	25.30°C	67.00%	27.10°C	62.00%
2	25.30°C	67.00%	27.10°C	62.00%
3	25.30°C	67.00%	27.10°C	62.00%
4	25.30°C	67.00%	27.10°C	62.00%
5	25.30°C	67.00%	27.10°C	62.00%
6	25.30°C	67.00%	27.10°C	62.00%
7	25.30°C	67.00%	27.10°C	62.00%
8	25.30°C	67.00%	27.10°C	62.00%
9	25.30°C	67.00%	27.10°C	62.00%
10	25.30°C	67.00%	27.10°C	62.00%

4. Keunggulan Teknologi

Keunggulan teknologi yang diterapkan pada sistem ini meliputi efisiensi operasi, pemantauan real-time, dan konsumsi daya rendah. Efisiensi operasi tercapai dengan mengurangi kebutuhan pengawasan manual melalui otomatisasi berbasis mikrokontroler, sehingga proses menjadi lebih praktis dan hemat waktu. Selain itu, sistem ini mendukung pemantauan data secara real-time, di mana informasi lingkungan dapat diakses kapan saja melalui platform cloud, memberikan kemudahan dalam pengambilan keputusan berbasis data. Konsumsi daya yang rendah juga menjadi keunggulan signifikan, karena modul LoRa dan mikrokontroler yang digunakan dirancang untuk hemat energi, sehingga mendukung operasional yang berkelanjutan, terutama untuk aplikasi jarak jauh atau di lokasi dengan sumber daya terbatas. Hal ini

menjadikan teknologi ini efektif dan efisien untuk berbagai kebutuhan monitoring.

5. Evaluasi Sistem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga suhu dan kelembaban dalam rentang optimal yang diperlukan untuk budidaya jamur, sehingga mendukung kondisi lingkungan yang stabil untuk pertumbuhan jamur. Penggunaan teknologi LoRa sebagai media komunikasi data terbukti efektif untuk transmisi jarak jauh, memastikan data dapat dikirimkan dengan andal tanpa kehilangan sinyal yang signifikan. Integrasi sistem dengan ESP32 dan Arduino Cloud juga berhasil memperluas fungsionalitas sistem, memungkinkan pemantauan dan pengendalian secara real-time melalui perangkat berbasis internet. Dengan hasil tersebut, sistem ini memiliki potensi besar untuk diterapkan pada skala yang lebih luas, tidak hanya untuk budidaya jamur, tetapi juga untuk berbagai aplikasi dalam sektor pertanian cerdas. Teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas petani serta efisiensi operasional, terutama dalam menghadapi tantangan pertanian modern.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem pengendali suhu dan kelembaban berbasis teknologi telemetri menggunakan LoRa, yang dirancang khusus untuk mendukung budidaya jamur tiram. Sistem ini berhasil memenuhi tujuan utamanya, yaitu:

1. Sistem dapat secara otomatis menjaga suhu (16–30 °C) dan kelembaban (80–95%) dalam kumbung jamur menggunakan sensor DHT11 dan aktuator seperti kipas pendingin dan pompa air.
2. Integrasi modul LoRa dengan Arduino UNO sebagai transmitter dan ESP32 sebagai receiver memungkinkan pengiriman data hingga jarak 10 km, dilengkapi dengan kemampuan pemantauan real-time melalui Arduino Cloud.
3. Sistem mengurangi kebutuhan pengawasan manual, meningkatkan efisiensi operasional petani, serta meminimalkan risiko kegagalan panen akibat kondisi lingkungan yang tidak ideal.
4. Teknologi ini dapat diadaptasi untuk berbagai aplikasi agrikultur lain dengan penambahan fitur, seperti integrasi dengan energi terbarukan dan peningkatan algoritma kontrol.

Secara keseluruhan, sistem ini memberikan solusi praktis dan inovatif untuk mengoptimalkan produktivitas budidaya jamur, sekaligus menjadi langkah awal penerapan teknologi cerdas di sektor pertanian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Yogyakarta, terutama Program Studi D-IV Teknik Elektronika, yang telah memberikan dukungan akademik dan fasilitas selama penelitian ini. Mereka juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan konstruktif selama proses penelitian hingga penyusunan jurnal ini. Terima kasih pula kepada Tim dari JITET Universitas Lampung yang telah meluangkan waktunya untuk melakukan proses paper ini untuk bisa dipublikasikan. Semoga penelitian ini bermanfaat dan memberikan kontribusi yang signifikan untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Pengatur Suhu Dan Kelembaban Kumbung Jamur otomatis,” Universitas Negeri Yogyakarta, <https://www.uny.ac.id/berita/pengatur-suhu-dan-kelembaban-kumbung-jamur-otomatis>.
- [2] S. Waluyo, R. E. Wahyono, B. Lanya, and M. Telaumbanua, “Pengendalian Temperatur Dan Kelembaban Dalam Kumbung Jamur Tiram (pleurotus SP) Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler,” agriTECH, <https://jurnal.ugm.ac.id/agritech/article/view/30068>.
- [3] (PDF) Perancangan Alat pendeteksi kebocoran gas LPG Menggunakan sensor MQ-2 Berbasis Arduino, https://www.researchgate.net/publication/348922354_Perancangan_Alatt_Pendeteksi_Kebocoran_Gas_LPG_Menggunakan_Sensor_MQ-2_Berbasis_Arduino.
- [4] Prototipe Modul Praktik untuk pengembangan aplikasi internet of things (IOT),

- https://www.researchgate.net/publication/350068280_Prototipe_Modul_Praktik_untuk_Pengembangan_Aplikasi_Internet_of_Things_IoT.
- [5] “Lora RA-01 Long range wireless transceiver SX1278 (433mhz),” Smart Prototyping, <https://www.smart-prototyping.com/LoRa-SX1278-10KM-433M-long-range-wireless-module-Ra-01>
- [6] “Communication over Lora – M2M case using RA-01,” bloggersii, <https://sii.pl/blog/en/communication-over-lora-m2m-case-using-ra-01/>
- [7] Y. Susanthi, “Rancang Bangun alat pemberi Pakan Ikan otomatis Menggunakan Sistem Rotasi wadah berbasis internet of things,” TELKA, <https://telka.ee.uinsgd.ac.id/index.php/TELKA/article/view/telka.v8n1.36-48>.
- [8] A. Y. Rangan, A. Yusnita, and M. Awaludin, “Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things Pada Suhu Dan Kelembaban Udara di Laboratorium Kimia XYZ,” Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik), <https://jurnal.politeknik-kebumen.ac.id/E-KOMTEK/article/view/404>.
- [9] R. F. Sihotang, “Rancang Bangun sistem pengisian air galon Otomatis Menggunakan sensor proximity Dan Flow Meter berbasis arduino uno,” Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jitet/article/view/5115/2091>.
- [10] 3 Bab II Kajian Pustaka A. Kajian teori 1. relay ..., https://repo.itera.ac.id/assets/file_upload/SB2306090036/119130086_4_134103.pdf.
- [11] Sistem Kontrol Pompa air menggunakan kontroler PID ... - its repository, https://repository.its.ac.id/2420/1/2212100141-Undergraduate_Theses.pdf.
- [12] Pengendalian Suhu Ruangan Menggunakan ..., <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/ces/article/download/21113/pdf>.