

e-ISSN : 3031-0342
Diterima: : 21 Juli 2025
Disetujui : 22 September 2025
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

**PERANCANGAN SISTEM KENDALI SUHU BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)
PADA TANAMAN SAWI PAGODA (*Brassica narinosa* L.) DI DALAM PLANT
FACTORY**

*Design of Internet Things (Iot) Based Temperature Control System on Pagoda Mustard
(Brassica Narinosa L.) in Plant Factory*

**Widia Aprianingsih^{1*}, Guyup Mahardian Dwi Putra¹, Fakhrol Irfan Khalil¹,
Sella Antesty¹**

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri,
Universitas Mataram.

email: widiaaprianingsih00@gmail.com

ABSTRACT

*A plant factory is a closed cultivation system that requires optimal microclimate control, particularly temperature. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based temperature control system to support the growth of pagoda mustard (*Brassica narinosa* L.). Sensor calibration showed high accuracy, with a MAPE value below 2%. The system is built using an ESP8266 microcontroller, DHT22 and LDR sensors, and an exhaust fan that is automatically controlled. The fan activates when the temperature exceeds 30 °C and turns off when it falls below 30 °C. Environmental data is displayed via the MQTT Dashboard and recorded in Google Sheets. During 30 days of testing with measurements taken three times a day, the system maintained an average temperature within the optimal range of 28–30 °C. The system effectively stabilizes the growing environment and positively impacts plant development. Future development of this system could focus on integrating a cooling mechanism to ensure the temperature consistently meets the optimal conditions for plant growth.*

Keywords: ESP8266; IoT; pagoda mustard; plant factory; temperature

ABSTRAK

*Plant factory merupakan sistem budidaya tertutup yang membutuhkan pengendalian iklim mikro secara optimal, khususnya suhu. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kendali suhu berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendukung pertumbuhan tanaman sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.). Hasil kalibrasi sensor menunjukkan akurasi tinggi dengan nilai MAPE di bawah 2%. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP8266, sensor DHT22 dan LDR, serta *exhaust fan* yang dikendalikan secara otomatis. Kipas menyala saat suhu melebihi 30 °C dan mati saat suhu turun di bawah 30 °C. Data lingkungan ditampilkan melalui MQTT Dashboard dan disimpan dalam Google Spreadsheet. Pengujian dilakukan selama 30 hari dengan pemantauan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya sebanyak tiga kali sehari. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan suhu rata-rata dalam kisaran optimal 28–30 °C. Sistem ini terbukti efektif menciptakan lingkungan tumbuh yang stabil dan memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman. Pengembangan lebih lanjut perlu difokuskan pada*

penambahan mekanisme pendingin agar suhu dapat dijaga secara konsisten sesuai dengan syarat tumbuh tanaman.

Kata Kunci: ESP8266; IoT; *plant factory*; sawi pagoda; suhu

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia beriklim tropis dengan dua musim, namun perubahan iklim dan alih fungsi lahan mengganggu kestabilan suhu, kelembapan, dan ruang budidaya, sehingga diperlukan teknologi pertanian yang adaptif dan efisien untuk menjaga keberlanjutan produksi pangan.

Salah satu solusi yang berkembang adalah penerapan *plant factory*, yaitu sistem budidaya tanaman dalam ruang tertutup dengan kendali penuh terhadap kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, cahaya, dan nutrisi. Sistem ini memungkinkan pertumbuhan tanaman berlangsung tanpa ketergantungan pada faktor cuaca eksternal (Wakahara Takumi & Mikami Sadayoshi, 2010). Di dalam *plant factory*, suhu dan kelembapan merupakan faktor penting yang sangat mempengaruhi proses fisiologis tanaman, seperti fotosintesis dan respirasi (Kurniawan et al., 2021).

Suhu dan kelembapan memiliki peran penting dalam proses fisiologis tanaman, termasuk fotosintesis, respirasi, transpirasi, dan evapotranspirasi. Proses-proses ini menghasilkan uap air yang, apabila tidak dikendalikan, dapat menyebabkan peningkatan kelembapan udara, memicu pertumbuhan jamur, dan menurunkan kualitas tanaman. Oleh karena itu, pengendalian suhu secara otomatis menjadi kebutuhan penting dalam *plant factory* untuk menciptakan lingkungan tumbuh yang stabil.

Sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.) merupakan salah satu jenis sayuran daun bernilai ekonomi tinggi dan memiliki kandungan nutrisi yang baik. Pertumbuhan optimal tanaman sawi pagoda memerlukan suhu berkisar 20°C-28°C dan kelembapan udara antara 80% hingga 90% (Margianto et al., 2023). Namun, menjaga kestabilan suhu dalam *plant factory* masih menjadi tantangan,

khususnya jika suhu luar ruangan tinggi, untuk mengatasi hal ini, diperlukan sistem kendali suhu otomatis. Teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi dalam memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan realtime melalui integrasi sensor dan mikrokontroler. IoT juga dapat mendorong implementasi pertanian cerdas (*smart farming*), yaitu sistem pertanian yang berbasis data untuk meningkatkan efisiensi, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan mengurangi dampak terhadap lingkungan (Oguntosin et al., 2023).

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Merancang dan mengoptimalkan sistem kontrol dalam pengendalian suhu berbasis IoT untuk tanaman sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.) dalam *plant factory*
2. Menguji efektivitas sistem kendali dalam menjaga suhu lingkungan tanaman sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.)
3. Menganalisis pengaruh sistem kendali terhadap pertumbuhan tanaman sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.)

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

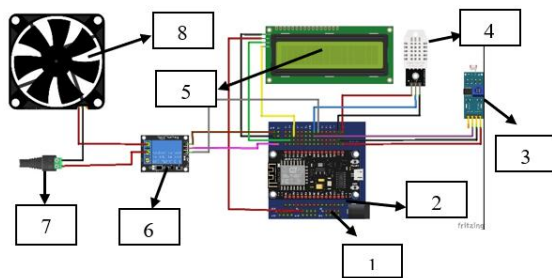
Adapun alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler, LCD 16 × 2, sensor DHT22, sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), relay, *exhaust fan* 12V, kabel jumper, adaptor daya (*power supply*), konektor daya, Laptop, modul komunikasi nirkabel (Wifi), *Software* Arduino IDE, *MQTT Dashboard*, dan *Google Spreadsheet*. Adapun bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih sawi pagoda, nutrisi AB mix, rockwool, dan air.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menggunakan metode pengembangan sistem. Proses percobaan meliputi dua tahap utama: perancangan sistem dan pengujian efektivitas sistem terhadap pertumbuhan tanaman sawi pagoda dan kualitas tanaman. Sistem pemantauan suhu dan kelembapan berbasis IoT menggunakan ESP8266 dan Arduino IDE sebagai pengendali sensor – sensor dalam *plant factory*.

Rancangan Sistem

Rancangan sistem mencakup semua komponen – komponen untuk mengontrol sistem pengendalian suhu. Komponen utama terdiri dari sensor DHT22, mikrokontroler ESP8266, LCD 16×2, dan relay yang mengendalikan aktuator (*exhaust fan*).



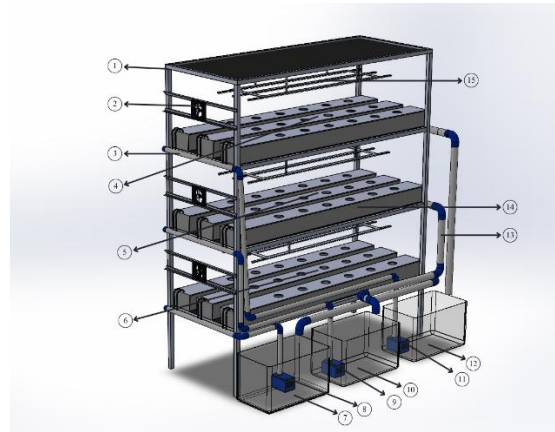
Gambar 1. Desain Skema Rangkaian Sistem Pemantauan Berbasis IoT

Keterangan gambar:

1. Board Node MCU
2. NodeMCU ESP8266
3. Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)
4. Sensor DHT22
5. *Liquid Crystal Display* (LCD) 16×2
6. Relay
7. Barel Jack
8. *Exhaust Fan*

Skema Instalasi *Plant Factory*

Skema instalasi *plant factory* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Desain Instalasi *Plant Factory*

Keterangan:

1. Bagian atas *plant factory*
2. *Exhaust Fan*
3. Pipa saluran masuk
4. Rak 1
5. Rak 2
6. Rak 3
7. Bak penampung air nutrisi rak 1
8. Pompa air rak 1
9. Pompa air rak 2
10. Bak penampung air nutrisi rak 2
11. Pompa air rak 3
12. Bak penampung air nutrisi rak 3
13. Pipa saluran keluar
14. Talang
15. Lampu LED

Kalibrasi Sensor

Kalibrasi merupakan proses penting untuk memastikan sensor memberikan hasil pengukuran yang akurat sesuai standar referensi (Sugeng et al., 2024). Akurasi sistem dievaluasi dengan membandingkan hasil pengukuran aktual dan teoritis (Yukifli et al., 2023), dan ketepatan diukur berdasarkan seberapa dekat hasil tersebut terhadap nilai sebenarnya. Salah satu metode yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), di mana semakin kecil nilai MAPE, semakin kecil pula tingkat kesalahannya (Novian Pratama et al., 2021). Rumus MAPE dinyatakan sebagai:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \bar{y}_i|}{y_i} \times 100\%$$

Dimana, n adalah nilai dari data sample y_i merupakan nilai aktual dari data dan $\hat{y}_i$ merupakan nilai prediksi (Ayu et al., 2023).

Parameter Penelitian

Beberapa parameter yang diukur dalam penelitian ini, yaitu:

1. Suhu (°C)

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan sensor DHT22, dan pengendaliannya berbasis IoT secara otomatis. Data suhu diambil tiga kali sehari, yaitu pukul 07.00, 12.00, dan 17.00 WITA, untuk mengevaluasi pengaruh suhu terhadap tanaman.

2. Kelembapan (%)

Kelembapan diukur menggunakan sensor DHT22. Pengambilan data kelembapan dilakukan setiap hari sebanyak 3 kali, yaitu pada pukul 07.00, 12.00, dan 17.00 WITA

3. Intensitas Cahaya (lux)

Pencayaan yang diukur menggunakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*). Sensor cahaya mendeteksi atau membaca Tingkat cahaya di sekitarnya. Pengambilan data cahaya dilakukan setiap hari sebanyak 3 kali, yaitu pada pukul 07.00, 12.00, dan 17.00 WITA

4. Pertumbuhan Tanaman

Parameter pertumbuhan tanaman yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas sistem pengendalian suhu yang mencakup beberapa indikator diantaranya: tinggi tanaman, jumlah daun, luas kanopi, berat basah, dan panjang akar.

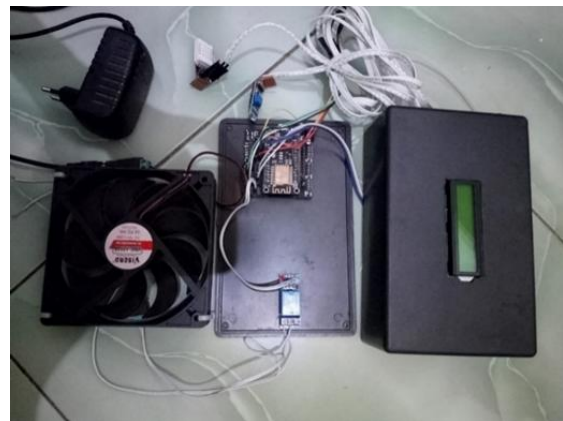
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali Suhu Berbasis IoT

Penelitian ini merancang dan menerapkan sistem pengendalian suhu otomatis berbasis IoT untuk menciptakan lingkungan yang ideal terhadap pertumbuhan tanaman sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.) di dalam *plant factory*.

Rancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Sistem kendali suhu berbasis IoT ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan, LDR untuk mengukur intensitas cahaya, LCD 16x2 I2C untuk menampilkan data, serta relay untuk mengontrol *exhaust fan*. Perangkat ini dirangkai sehingga dapat bekerja secara otomatis dalam menjaga suhu sesuai kebutuhan tanaman sawi pagoda, dengan kipas menyala saat suhu mencapai 30°C atau lebih. Hasil rancangan perangkat keras dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Perangkat Keras

Rancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak dalam sistem ini dirancang menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C++ untuk mengontrol mikrokontroler ESP8266 secara otomatis dan terintegrasi dengan Internet of Things (IoT). Mikrokontroler diprogram agar dapat membaca data dari sensor suhu dan kelembapan, serta mengaktifkan atau menonaktifkan kipas melalui modul relay. Data hasil pengukuran dikirim secara real-time ke *Google Spreadsheet* sebagai media pencatatan, dan komunikasi IoT dilakukan menggunakan protokol MQTT berbasis sistem *publish-subscribe*.

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)

Arduino IDE digunakan sebagai platform pemrograman untuk mengunggah perintah ke mikrokontroler ESP8266, dengan bahasa pemrograman C/C++. Sebelum pemrograman dilakukan, beberapa *library*

penting diimpor untuk mendukung fungsi sensor, LCD, konektivitas WiFi, serta komunikasi IoT. Adapun library yang digunakan antara lain:

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <PubSubClient.h>
```

Setelah library diimpor ke dalam program, selanjutnya merancang struktur utama program menggunakan dua fungsi dasar dalam pemrograman Arduino, yaitu void setup () dan void loop ().

Fungsi void setup () dijalankan sekali saat sistem dinyalakan untuk menginisialisasi komponen utama, seperti sensor DHT22, LCD I2C, modul relay, dan koneksi WiFi. Program juga menyiapkan komunikasi dengan Google Sheets dan MQTT agar sistem siap membaca data sensor dan mengontrol suhu serta kelembapan secara otomatis.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(1000);
  dht.begin();

  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);

  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  Serial.println("Mencari alamat I2C...");
  for (byte i = 8; i < 120; i++) {
    Wire.beginTransmission(i);
    byte error = Wire.endTransmission();
    if (error == 0) {
      Serial.print("Alamat I2C
        ditemukan: 0x");
      Serial.println(i, HEX);
    }
  }

  // Koneksi WiFi
  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.print("Menghubungkan ke WiFi");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.print(".");
  }
}
```

```
}
Serial.println("\nWiFi Terhubung");

googleClient.setInsecure();
mqttClient.setServer(mqtt_server, 1883);

mqttconnect();
}
```

Fungsi void loop () merupakan inti dari program yang berjalan terus-menerus selama perangkat aktif. Bagian ini membaca data sensor suhu, kelembapan, dan cahaya secara real-time, menampilkan data di LCD, serta mengirimkan informasi ke server MQTT dan *Google Spreadsheet*. Selain itu, sistem juga mengontrol relay berdasarkan hasil pembacaan sensor untuk menjaga kondisi lingkungan tetap sesuai kebutuhan tanaman.

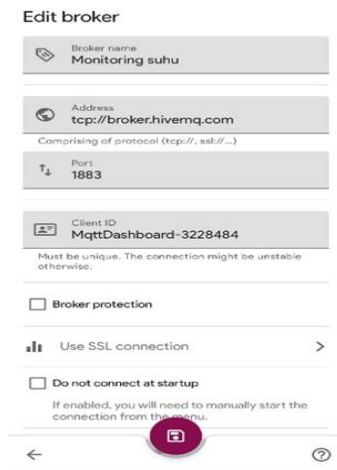
```
void loop() {
  mqttClient.loop();

  // Baca data dari sensor
  float temperature = dht.readTemperature();
  float humidity = dht.readHumidity();

  // Baca data dari sensor
  float lux = (1000.0 / ldrValue) * CALIBRATION_FACTOR;
```

Aplikasi MQTT Dashboard

Aplikasi ini memanfaatkan protokol komunikasi MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) yang bersifat ringan dan menggunakan mekanisme publish - subscribe. Dalam sistem ini, mikrokontroler ESP8266 berfungsi sebagai *publisher* yang mengirim data sensor ke broker MQTT, sedangkan aplikasi MQTT Dashboard bertindak sebagai client yang menerima data secara real-time. Pada penelitian ini digunakan broker HiveMQ dengan alamat tcp://broker.hivemq.com, port 1883, dan Client ID seperti “MqttDashboard-3228484”. Untuk menghubungkan aplikasi ke broker, pengguna perlu mengisi informasi broker melalui menu edit broker pada aplikasi MQTT Dashboard, dengan nama broker misalnya “Monitoring Suhu”.



Gambar 4. Broker MQTT Dashboard

Setelah broker terhubung, langkah selanjutnya adalah membuat topik untuk pengiriman data dari sensor. Tiga topik digunakan, yaitu skripsi/temp untuk suhu, skripsi/humi untuk kelembapan, dan skripsi/lux untuk intensitas cahaya. Data dikirim melalui perintah:

```
mqttClient.publish(topic_temp, msg);
mqttClient.publish(topic_humi, msg2);
mqttClient.publish(topic_lux, msg3);
```

Sistem ini, pemantauan kondisi suhu, kelembapan, dan cahaya dalam *plant factory* dapat dilakukan secara real-time melalui smartphone selama perangkat terhubung dengan internet. Sesuai dengan pembuatan topik tersebut maka dapat menampilkan nilai suhu, kelembapan dan intensitas cahaya seperti pada gambar;



Gambar 5. Tampilan MQTT Dashboard

Google Spreadsheet

Pengiriman data ke *google spreadsheet* dilakukan melalui *google Apps Script* yang diubah menjadi aplikasi Web. Mikrokontroler

ESP8266 yang terhubung dengan WiFi, yang secara rutin mengirimkan informasi suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya melalui protokol HTTPS POST ke tautan tersebut.

"AKfycbx0Qo-opk45JE_WBjDxylmPBjJnm9dAAa7NnPZHS1PfvozyB0p6jm5agKwUvk-jfRWMg"; Kode *googleScript* merupakan ID dari script *Google Apps Script* yang sudah dipublish sebagai web app. Parameter yang dikirim untuk suhu kodenya value1, kelembapan value 2, dan untuk intensitas cahaya menggunakan kode value 3, format URL yang digunakan;

```
String url = String("/macros/s/") +
googleScriptID + "/exec?value1=" +
String(temperature) + "&value2=" +
String(humidity) + "&value3=" +
String(lux);
```

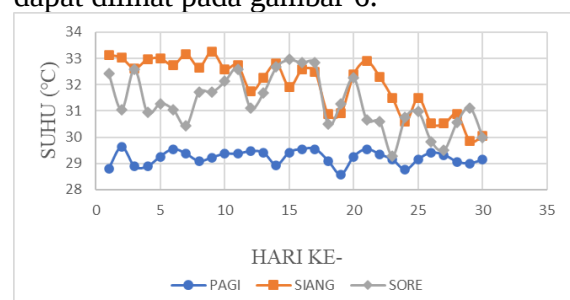
Pengiriman data melalui koneksi HTTPS menggunakan library *WiFiClientSecure*:

```
if (googleClient.connect(host, httpsPort)) {
    googleClient.print(String("GET ") +
url + " HTTP/1.1\r\n" +
        "Host: " + host + "\r\n" +
        "Connection: close\r\n\r\n");
    Serial.println("Data dikirim ke
Google Sheets!");
}
```

Hasil Pengujian Sistem

Suhu Udara (°C)

Suhu merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pengujian sistem kendali suhu dilakukan selama 30 hari dengan pemantauan tiga kali sehari (pagi, siang, sore) dalam *plant factory* untuk mengevaluasi respons otomatis sistem terhadap perubahan suhu. Perubahan suhu dapat dilihat pada gambar 6.

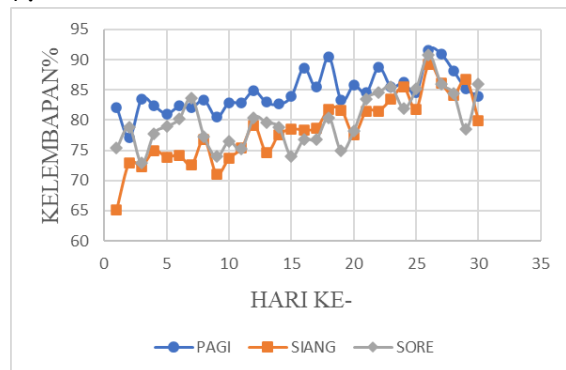


Gambar 6. Grafik Suhu

Gambar 6. Menunjukkan grafik suhu udara, bahwa suhu pagi cenderung stabil (28,8 - 29,6°C), siang hari lebih tinggi (30 - 33°C), dan sore hari berkisar (29 - 29,8°C). Sistem kendali *on-off* dengan setpoint 30°C, sehingga suhu berfluktuasi. Fluktuasi ini disebabkan oleh respons kipas terhadap perubahan suhu, terutama pada siang hari yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan luar dan pencahayaan buatan yang terus menyala.

Kelembapan Udara (%)

Kelembapan udara yang ideal untuk pertumbuhan tanaman sawi berkisar antara 80% - 90%. Perubahan kelembapan udara dalam *plant factory* dapat dilihat pada gambar 7.

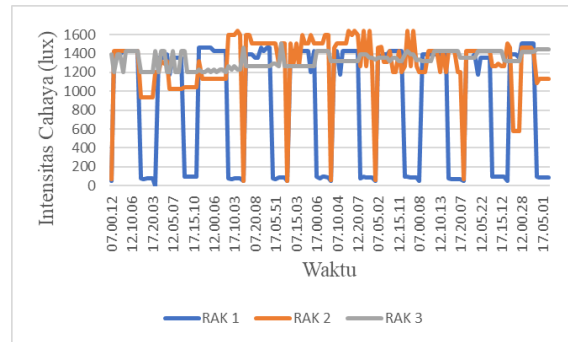


Gambar 7. Grafik Kelembapan

Gambar 7. Menunjukkan grafik kelembapan udara, bahwa kelembapan pagi hari berada pada kisaran 77% - 91%, disebabkan oleh suhu yang masih rendah. Pada siang hari, kelembapan menurun menjadi 65% - 89% akibat peningkatan suhu yang mempercepat penguapan air dari media tanam. Sore hari, kelembapan meningkat kembali menjadi 72%–90% seiring turunnya suhu. Secara keseluruhan, kelembapan lingkungan berada dalam rentang yang mendukung pertumbuhan tanaman sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.), yakni antara 70%–90%.

Intensitas Cahaya (lux)

Cahaya mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, meningkatkan kerja enzim untuk memproduksi zat metabolik untuk pembentukan klorofil (Restu Puji Raharjeng, 2015). Hasil pengukuran intensitas Cahaya sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik Intensitas Cahaya

Gambar 8. Menunjukkan grafik intensitas cahaya, bahwa pengukuran intensitas cahaya dilakukan pada tiga rak dengan durasi pencahayaan berbeda – beda. Pada rak 1 mendapat pencahayaan selama 8 jam dengan intensitas 1206 - 1356 lux, rak 2 selama 13 jam dengan intensitas 1206 - 1507 lux, dan rak 3 selama 18 jam dengan intensitas 1321 - 1422 lux. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin lama durasi penyinaran, semakin tinggi dan lama intensitas cahaya yang tersedia, yang mempengaruhi terhadap proses fotosintesis dan metabolisme tanaman.

Pertumbuhan Tanaman

Tabel 1. Data Parameter Pertumbuhan Tanaman

Perlakuan	Tinggi (cm)	Jumlah Daun (helai)	Luas Kanopi (cm ²)	Berat Basah (gram)	Panjang Akar (cm)
Rak 1	12,07	23,33	79,43	5,07	3,58
Rak 2	14,78	34,33	241,39	16,50	18,11
Rak 3	13,75	44,33	204,74	20,27	19,23

Berdasarkan hasil pengamatan, pada tabel 1. Menunjukkan bahwa tinggi tanaman setiap sampel pada tiap hari semakin bertambah, nilai tertinggi pada sampel P17 yaitu 12,68 cm. Jumlah daun terbanyak pada sampel P14 yaitu 34 helai. Luas kanopi tertinggi pada sampel P10 yaitu 138,87 cm². Berat basah terberat yaitu 30,19 gram, pada sampel P15. Panjang akar tertinggi pada sampel P7 yaitu 29 cm.

Kinerja Sistem Kendali

Sistem kendali suhu berbasis IoT yang dirancang menunjukkan kinerja yang baik selama proses pengujian. Sistem kendali merupakan gabungan dari beberapa komponen yang saling bekerja secara terus menerus untuk mencapai tujuan tertentu.

Perancangan sistem ini dilakukan agar dapat terkendali dengan baik dan mampu bekerja dengan efektif (Friadi, 2019).

Tabel 2. Hasil Kinerja Sistem Kendali Kipas (On/Off)

No	Suhu	Setpoint	Kondisi Aktuator (On/Off)
1	28,2°C	30°C	Off
2	29,1°C	30°C	Off
3	33°C	30°C	On
4	33°C	30°C	On
5	30,5°C	30°C	On
6	30,4°C	30°C	On
7	28,3°C	30°C	Off
8	29°C	30°C	Off
9	32,7°C	30°C	On
10	32,7°C	30°C	On

Berdasarkan tabel 2. Menunjukkan sistem (On/Off) kipas berdasarkan setpoint. Kipas berada dalam kondisi menyala (On) saat suhu terdeteksi $\geq 30^{\circ}\text{C}$, dan mati (Off) saat suhu $< 30^{\circ}\text{C}$. Pengendalian ini menggunakan sistem kerja *on-off* berbasis ambang batas, di mana relay akan mengaktifkan exhaust fan untuk menurunkan suhu ketika suhu ruangan tinggi, dan mematikannya saat suhu turun hingga $\leq 29^{\circ}\text{C}$. Penetapan *setpoint* 30°C disesuaikan dengan kondisi suhu maksimum di Laboratorium yang dapat mencapai nilai tersebut, agar sistem dapat merespons secara efektif terhadap fluktuasi suhu aktual. Pengaturan ini menjaga kestabilan suhu dalam *plant factory*, mendukung proses fisiologis tanaman seperti fotosintesis dan penyerapan nutrisi. Integrasi dengan IoT memungkinkan pemantauan dan pengelolaan suhu secara real-time, menjadi solusi efektif dalam budidaya tanaman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali suhu berbasis IoT berhasil dirancang menggunakan sensor DHT22, sensor LDR, dan *exhaust fan*, serta terintegrasi dengan MQTT Dashboard dan

Google Spreadsheet. Sistem ini efektif menjaga suhu *plant factory* pada kisaran 28°C - 30°C , dengan kipas otomatis aktif saat suhu $\geq 30^{\circ}\text{C}$. Selama 30 hari pemantauan, sistem mendukung pertumbuhan tanaman sawi pagoda dengan hasil tinggi tanaman 12,68 cm, 34 helai daun, luas kanopi $138,87\text{ cm}^2$, berat basah 30,19 gram, dan panjang akar 29 cm.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, Penelitian selanjutnya perlu menambahkan mekanisme pendingin serta mengembangkan kendali otomatis untuk suhu, kelembapan, dan pencahayaan. Evaluasi kecepatan kipas dan sebaran udara juga penting dilakukan, agar modifikasi suhu dingin dapat dipertahankan sesuai dengan syarat tumbuh tanaman.

DAFTAR REFERENSI

- Ayu, G., Lestari, N., Dwi, N., & Mahendra, A. (2023). Prediksi Kualitas Udara dengan Menggunakan Metode Long Short-Term Memory dan Artificial Neural Network. *Jurnal Sistem Dan Informatika*, 17(2).
- Friadi, R. (2019). Sistem Kontrol Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembaban Udara Pada Greenhouse Berbasis Raspberry PI. In *JTIS* (Vol. 2, Issue 1).
- Kurniawan, A., Sulitiadi, S., Ristiono, A., Purwokerto, U., & Penulis, K. (2021). Monitoring Iklim Mikro pada Greenhouse Secara Real Time Menggunakan Internet of Things (IoT) Berbasis Thingspeak Microclimate Monitoring of Greenhouse in Real Time Using Thingspeak-Based Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 10, 4. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v10.i4.468-480>
- Margianto, L. R., Suparto, S. R., & Herliana, O. (2023). Pengaruh Konsentrasi POC Urin Kelinci dan Komposisi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi Pagoda (*Brassica narinosa* L.). *Vegetika*, 12(1), 64. <https://doi.org/10.22146/veg.77846>

- Novian Pratama, N., Gautama Putrada, A., & Abdurahman, M. (2021). *Optimasi Kendali PH pada Akuarium Menggunakan Metode FuzzyPID*.
- Oguntosin, V., Okeke, C., Adetiba, E., Abdulkareem, A., & Olowoleni, J. (2023). IoT-Based Greenhouse Monitoring and Control System. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 14(1), 469–483. <https://doi.org/10.12785/ijcds/140137>
- Restu Puji Raharjeng, A. (2015). Pengaruh Faktor Abiotik Terhadap Hubungan Kekerabatan Tanaman *Sansevieria trifasciata* L. In *Edisi Agustus* (Vol. 1, Issue 1).
- Sugeng, S., Nizar, T. N., Jatmiko, D. A., Hartono, R., & Kerlooza, Y. Y. (2024). Kalibrasi Sensor Monitoring Cuaca pada Area Lokal untuk Meningkatkan Akurasi pada Sensor Biaya Rendah. *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, 13(2), 277–287. <https://doi.org/10.34010/komputika.v13i2.13949>
- Wakahara Takumi, & Mikami Sadayoshi. (2010). *Adaptive Nutrient Water Supply Control of Plant Factory System by Reinforcement Learning*. <https://doi.org/https://doi.org/10.14864/softscis.2010.0.1020.0>
- Yukifli, Nofriandi, A., Berlian Sari, M., Yendri Sudiar, N., Gafar Abdullah, A., Anisa Sati, N., & Rizkiana, A. (2023). *Optimization of Soil Temperature and Humidity Measurement System at Climatology Stations with IoT-Based Equipment*. 13(4). <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.4.18963>