

PEMBUATAN TERMOSTAT CERDAS TANGGAP PERUBAHAN CUACA BERBASIS IOT UNTUK HIDROPONIK SISTEM WICK PADA TANAMAN PAKCOY

(Manufacture of Smart Thermostat Weather Responsive Using IoT for Hydroponic Wick System on Pakcoy)

Ni Luh Putu Riana Damayanti¹, I Gde Putu Wirarama WW^{*}, Andy Hidayat Jatmika

^[1]Dept Informatics Engineering, Mataram University
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: riana.damayanti04@gmail.com, [wirarama, andy]@unram.ac.id

Abstract

Hydroponics is an agricultural cultivation that uses water as a growing medium. One of the plants that can be cultivated hydroponically is the pakcoy plant. Pakcoy is a plant with an optimum water temperature range for its growth which is 15-30°C. The process of stabilizing the water temperature is important because the optimal temperature will make plant growth good. Currently, the process of monitoring and stabilizing water temperature is done manually and the process is carried out periodically so it is not easy to do. Therefore, the authors conducted a study to design an IoT-based intelligent thermostat for wicking hydroponic systems for pakcoy plants. The intelligent thermostat system consists of a DS18B20 water temperature sensor, a Peltier cooling system, and a water pump and uses the MQTT data communication protocol. This research was conducted with 3 stages of testing, namely, black box testing, Peltier calibration testing, and the final stage of testing which is divided into 2, namely without using a website and using a website. The final stage of testing is carried out in the morning, afternoon, evening, night, and early morning with the results of the system testing working to stabilize the water temperature when there is a temperature change of up to 2°C and then stabilized periodically to a tolerance of 1°C. So it can be concluded that the system in this study belongs to the category of a good system and is feasible to use.

Keywords: Hydroponics, Pakcoy, Water Temperature, Thermostat, IoT

**Penulis Korespondensi*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hidroponik adalah budidaya pertanian tanpa menggunakan media tanah yang dijalankan dengan menggunakan air sebagai media untuk menggantikan tanah[1]. Salah satu tanaman yang dapat dibudidayakan dengan cara hidroponik adalah tanaman pakcoy. Pakcoy merupakan tanaman dengan kisaran suhu air optimum untuk pertumbuhannya yaitu 15-30°C[2]. Sebagai media utama untuk bercocok tanam dengan cara hidroponik, perubahan suhu air berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karena peningkatan atau penurunan suhu di atas atau di bawah suhu optimum diketahui dapat mengubah beberapa proses fisiologis pada tanaman dan merusak sel-sel tanaman, sehingga mempengaruhi pertumbuhan[3].

Permasalahan peningkatan suhu air yang terjadi pada siang hari diduga dapat menyebabkan tanaman tidak mampu beradaptasi terhadap suhu yang panas sehingga tanaman menjadi layu[4]. Di sisi lain, penurunan suhu air dapat menyebabkan kerusakan

pada daun tanaman dan mengganggu penyerapan nutrisi pada akar tanaman[5]. Menurut Profesor Komang Damar Jaya dari Fakultas Pertanian Universitas Mataram, berpendapat bahwa suhu air atau larutan nutrisi berpengaruh bagi tanaman. Karena pada waktu tertentu, suhu air atau larutan nutrisi dapat berubah dan tidak berada pada suhu ideal yang disebabkan paparan sinar matahari maupun cuaca dingin sehingga perlu dipantau. Pernyataan tersebut didukung oleh literatur yang menyatakan proses menstabilkan suhu air penting untuk dilakukan karena suhu optimal akan membuat pertumbuhan pada tanaman baik[6].

Permasalahan yang terjadi saat ini adalah proses pemantauan dan penstabilan suhu air dilakukan secara manual dan proses tersebut dilakukan secara berkala sehingga tidak mudah dilakukan[7]. Hal tersebut dapat menimbulkan *human error* seperti pemantauan tidak dilakukan sesuai dengan jadwal sehingga dapat berdampak pada tanaman dapat tumbuh tidak segar atau tanaman tumbuh menguning. Selain itu belum adanya alat otomatis untuk mengatur suhu air. Oleh

karena itu penulis merancang suatu inovasi berupa termostat cerdas tanggap perubahan cuaca berbasis IoT untuk hidroponik sistem *wick* pada tanaman pakcoy yang memungkinkan dapat menstabilkan suhu air secara otomatis. Sistem terdiri dari sensor suhu air DS18B20, sistem pendingin *peltier*, panel surya, dan pompa air serta menggunakan protokol komunikasi data MQTT. Sumber energi yang digunakan adalah solar panel. Tujuan dari penggunaan solar panel karena pada umumnya hidroponik masih membutuhkan tenaga matahari dan dapat memanfaatkan tenaga matahari sebagai sumber daya listrik sehingga meminimalisir penggunaan energi listrik konvensional seperti PLN.

Dengan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, sistem diharapkan dapat membantu petani hidroponik dalam mengontrol suhu air secara otomatis sehingga proses pemantauan dan penstabilan suhu air tidak dilakukan secara manual. Dalam penelitian ini pembuatan sistem berbasis IoT menggunakan protokol komunikasi yaitu *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) karena dapat bekerja dengan energi dan *storage* yang minim, bersifat *client server publish/subscribe*. Protokol komunikasi berfungsi untuk mengirimkan data yang terdapat pada alat IoT dan ditampilkan pada sistem berbasis *website*. Proses pengujian penelitian akan dilakukan di Lingkungan Rumah Pribadi. Target pengguna dari penelitian ini yakni peneliti pertanian.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dipaparkan, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pengatur suhu air otomatis menggunakan sistem pendingin *peltier* dan sensor suhu air DS18B20?
2. Bagaimana membangun aplikasi berbasis *website* sebagai *monitoring timeline* suhu air?
3. Bagaimana mengimplementasikan komunikasi data menggunakan MQTT pada termostat cerdas tanggap perubahan cuaca berbasis IoT?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem pengatur suhu air otomatis menggunakan sistem pendingin *peltier* dan sensor suhu air DS18B20.
2. Merancang aplikasi berbasis *website* sebagai *monitoring timeline* suhu air.
3. Mengimplementasikan komunikasi data

menggunakan MQTT pada termostat cerdas tanggap perubahan cuaca berbasis IoT.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian *Smart Solar Powered Hydroponics System Using Internet of Things and Fuzzy Association Rule Mining* mengangkat permasalahan mengenai sumber listrik tenaga matahari memiliki kelemahan terhadap perubahan cuaca. Penelitian berbasis *raspberry pi* yang berisi algoritma FARM, dimana terdapat proses ekstraksi aturan *fuzzy* dan regresi. Hasil dari penelitian ini adalah sistem hidroponik bertenaga surya yang dikembangkan mampu mensuplai energi selama 24 jam dengan tiga sel surya 10wp dan baterai 7mAh untuk hidroponik teknik *deep flow*. Sistem IoT mampu mengumpulkan data dan algoritma regresi yang diusulkan FARM mampu melakukan regresi dengan tingkat kesalahan yang rendah dengan data tiga hari[8].

Penelitian *Solar-Powered IoT Based Smart Hydroponic Nutrition Management System Using FARM* mengangkat permasalahan mengenai perubahan cuaca yang mempengaruhi ketepatan jumlah TDS pada hidroponik. Penelitian tersebut mengusulkan pengembangan IoT berbasis Sistem Manajemen Nutrisi Hidroponik Cerdas menggunakan *Fuzzy Assaociation Rule* Pertambangan. Sistem terdiri dari IoT seperti *Arduino nano*, *wemos d1 mini*, TDS sensor, Modul Relay, sensor suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan curah hujan untuk mencatat penyebab perubahan cuaca yang menyebabkan perubahan dalam TDS. Dalam satu minggu evaluasi, tiga kali hujan dan empat kali cuaca panas dianggap mengubah TDS, dan tujuh tindakan modul relay dilakukan[9].

Penelitian Rancang Bangun Sistem Monitoring PH dan Suhu Air pada Akuaponik Berbasis *Internet of Things* (IoT) membahas mengenai pembuatan sistem kontrol kondisi air menggunakan *mikrokontroller Arduino Uno*. Hasil dari penelitian tersebut sensor pH mendeteksi nilai dalam 3 kelompok yaitu nilai pH < 6.5, nilai pH > 7.5, dan nilai pH diantara 6.6 – 7.4. Nilai pH yang sudah dikelompokkan dan hasil sensor suhu akan ditampilkan pada *smartphone*[10].

Penerapan teknologi IoT pada Tanaman Hidroponik menggunakan 2 sensor yaitu sensor DHT11 dan *flow* sensor Y-S201. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur temperatur dan kelembapan air yang digunakan pada tanaman hidroponik. Kemudian *flow* sensor YF-S201 digunakan untuk mengukur intensitas air yang masuk melalui sensor. Informasi pengujian

yang diperoleh dari sensor tersebut ditampilkan melalui LCD yang terpasang pada *mikrokontroler Arduino Uno*[11].

Penelitian Pemantauan Lingkungan Tanaman Hidroponik menggunakan aplikasi Blynk sebagai tampilan antar muka sistem dan penyimpanan data pembacaan sensor. Sensor pH, DHT22, HCSR-04, dan DS18B20 akan mengambil data sesuai dengan fungsinya masing-masing. Data yang diperoleh akan diproses oleh *mikrokontroler NodeMCU ESP8266* dan terbagi menjadi dua bagian. Data pertama diambil oleh sensor akan diunggah ke *server* Blynk dan data ditampilkan pada aplikasi. Data kedua yaitu data pH yang telah ditentukan dalam aplikasi akan menjadi acuan untuk mengaktifkan pompa peristaltik. Seluruh kendali sistem dilakukan pada aplikasi Blynk seperti perintah yang diberikan ke sistem dan *output* yang diperoleh dari sistem[12].

Penelitian dengan judul Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik berbasis *Android*. Terdapat sensor EC, sensor suhu, dan sensor pH pada sistem hidroponik, kemudian data-data yang diperoleh dari masing-masing sensor ditampilkan ke aplikasi *smartphone*. Protokol MQTT digunakan sebagai media komunikasi data antara *smartphone* dengan sensor pada tanaman hidroponik[13].

Penelitian *Automated Hydroponics with Remote Monitoring and Control Using IoT* memanfaatkan beberapa sensor seperti sensor pH, sensor kelembaban tanah, sensor ultrasonik, dan sensor DHT11 dengan mikrokontroler Arduino ATMEGA 2560. Data yang diperoleh dari masing-masing sensor seperti data suhu air, pH, kelembaban, dan volume air ditampilkan pada aplikasi berbasis *mobile*. Selain menampilkan data-data tersebut, aplikasi *mobile* juga dapat mengendalikan dengan tujuan untuk mematikan atau menyalakan fungsi sensor[14].

The Implementation of Hydroponic Automation System and Monitoring Through the BLYNK Application. Sistem bekerja dengan cara aplikasi Blynk yang terhubung akan menerima *input* dari sensor yang telah terpasang. Ketika sensor yang berasal dari voltmeter menunjukkan persentase baterai kurang dari 30%, maka voltmeter akan mengisi daya baik melalui listrik PLN atau panel surya dan sensor akan mengirim data status persentase baterai ke aplikasi Blynk. Sensor DHT 11, sensor ultrasonik, dan TDS meter akan mengirim data yang diperoleh ke aplikasi Blynk[15].

Penelitian Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban Pada *Greenhouse* Tanaman Sawi Berbasis

lot membahas permasalahan mengenai suhu dan kelembaban pada *greenhouse* terlalu rendah sehingga menyebabkan tanaman sawi kering. Penelitian memberikan sebuah solusi untuk mengendalikan suhu dan kelembaban pada *greenhouse* agar suhu dan kelembaban tetap stabil dengan menggunakan sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara dan sensor YL100 untuk mendeteksi kelembaban tanah, serta mikrokontroler Arduino Uno. Adapun cara kerja dari sistem tersebut yaitu apabila nilai pembacaan sensor DHT11 lebih dari 30°C dan kelembaban udara kurang dari 80% maka *relay* modul 1 dan 2 menyala untuk menghidupkan kipas dan *sprayer*. Kemudian apabila pembacaan dari sensor YL100 menunjukkan kadar air kurang dari kelembaban tanah 500 maka pompa air akan menyala melalui *relay* modul 3[16].

Penelitian Sistem Pengendalian Suhu Air Pada Miniatur Tambak Udang Vaname Menggunakan Kontroler PID Berbasis Arduino. Sistem bekerja apabila sensor suhu DS18B20 membaca suhu air tidak berada pada angka 30°C maka sistem akan menstabilkan suhu air secara otomatis dengan memanfaatkan kontroler PID sebagai *actuator heater* dan *on-off* untuk *actuator aerator*[17].

Dari beberapa referensi penelitian yang telah dijelaskan, maka akan dibangun sistem termostas cerdas tanggap perubahan cuaca berbasis IoT untuk hidroponik sistem wick pada tanaman pakcoy. Dengan menggunakan protokol MQTT sebagai komunikasi data dan menggunakan *website* sebagai antarmuka untuk menguji kinerja sistem. Perangkat yang dibutuhkan untuk membangun sistem dalam penelitian ini yaitu Panel Surya, *Relay* Modul, NodeMCU, Sensor Suhu Udara BMP180, Sensor Intensitas Cahaya BH1759, Sensor Suhu Air DS18B20, Aki 12v, *Solar Charge Controller*, *Step Down Module*, Pompa Air dan Sistem Pendingin *Peltier*.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Analisa Kebutuhan Alat dan Bahan

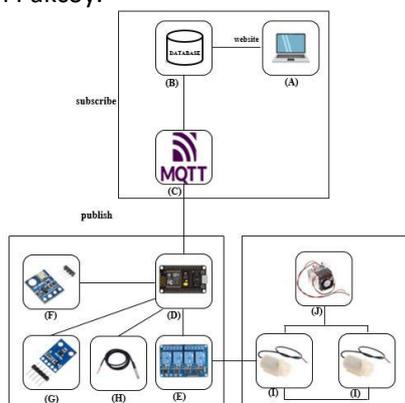
Analisis yang akan dilakukan meliputi analisis kebutuhan alat dan bahan. Adapun perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Laptop sebagai media pembangun sistem dan alat pengujian sistem.
2. Sistem operasi yang digunakan adalah *Windows 10*.
3. Pembuatan *website* sederhana menggunakan *vscode* sebagai aplikasi pendukung.
4. 1 buah NodeMCU sebagai mikrokontroler.

- 1 buah Sensor Suhu Air DS18B20 untuk mendeteksi suhu air pada wadah.
- 1 buah Modul *Relay* sebagai *switch module* untuk memompa air panas atau air dingin.
- 1 buah Panel Surya dan 1 buah aki 12V sebagai sumber listrik.
- 1 buah *Solar Charge Controller* digunakan untuk mengatur arus listrik.
- 1 buah *Step Down Module* LM2596 sebagai modul penurun tegangan listrik.
- 1 buah Sensor Suhu Udara BMP180 untuk mendeteksi suhu udara.
- 1 buah Sensor Cahaya BH1750 untuk mengetahui intensitas cahaya.
- 2 buah Pompa Air 5V untuk memompa air ke wadah hidroponik.
- 1 buah Sistem Pendingin *Peltier* sebagai penghasil air panas dan air dingin.

3.2. Arsitektur Sistem

Percancangan arsitektur dilakukan untuk merancang arsitektur dan alur kerja dari sistem Pembuatan Termostat Cerdas Tanggap Perubahan Cuaca Berbasis IoT Untuk Hidroponik Sistem Wick Pada Tanaman Pakcoy.



Gambar 1. Rancangan Arsitektur

Penjelasan dari masing-masing proses serta hubungan antar proses yang terdapat pada Gambar 1 akan dijelaskan sebagai berikut:

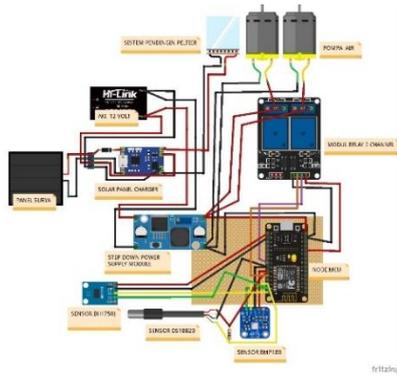
- Laptop (A) sebagai perangkat elektronik yang digunakan oleh pengguna untuk melihat halaman *website* yang berisi data perubahan suhu air, suhu udara, dan status pompa serta untuk menentukan target suhu air.
- Database* (B) digunakan untuk menyimpan data mengenai perubahan suhu air, suhu udara, tekanan udara, dan status pompa air panas atau dingin bekerja.
- Server Broker* (C) yang akan dituju oleh *client* dalam penyampaian data yang pengirimannya

menggunakan *protocol* komunikasi data MQTT.

- NodeMCU (D) digunakan untuk mengambil data berupa informasi perubahan suhu dan mengendalikan pompa untuk *looping* air pada *peltier* dingin atau panas berdasarkan suhu yang ditargetkan.
- Modul *Relay* (E) digunakan sebagai *switch on/off* pada pompa air untuk mengatur kapan pompa air bekerja untuk memompa air ke *peltier*.
- Sensor Suhu Udara BMP180 (F) digunakan untuk mengukur suhu udara pada tiap cuaca.
- Sensor Cahaya BH1750 (G) digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang ada di sekitar wadah hidroponik.
- Sensor Suhu Air DS18B20 (H) digunakan untuk mengukur suhu air pada wadah hidroponik. Sensor akan memberikan informasi suhu air ke mikrokontroler NodeMCU, lalu NodeMCU akan memberikan perintah untuk mensuplai air panas atau dingin. Jika suhu air panas, maka air yang disuplai adalah air dingin. Sebaliknya, jika air dingin, maka air yang disuplai adalah air panas. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar suhu air dalam wadah hidroponik tetap stabil.
- Pompa Air 5V (I) digunakan untuk memompa air dari wadah hidroponik ke *peltier* kemudian kembali lagi ke wadah hidroponik dengan tujuan untuk mengubah suhu air agar suhu air dalam wadah hidroponik berubah menjadi suhu target secara berkala.
- Sistem Pendingin *Peltier* (J) digunakan mengubah suhu air menjadi panas atau dingin, dimana *Peltier* ini dapat membuat air menjadi panas dan dingin karena memiliki 2 sisi berbeda yaitu sisi panas dan sisi dingin.

3.3. Rancangan Perangkat Keras

Rangkaian terdiri dari 11 perangkat keras yang dihubungkan menjadi sebuah perangkat Termostat Cerdas Tanggap Perubahan Cuaca Berbasis IoT untuk Hidroponik yang terdiri dari NodeMCU sebagai mikrokontroler, Sensor Air DS18B20, Sensor Udara BMP180, Sensor Cahaya BH1750, Sistem Pendingin *Peltier*, Modul *Relay*, Pompa Air, *Solar Charge Controller*, *Step Down Module*, Panel Surya dan Aki 12 volt. Rangkaian ini suatu saat dapat berubah sesuai dengan kebutuhan sistem.

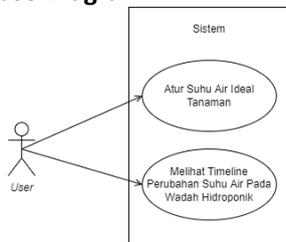


Gambar 2 . Rancangan Perangkat Keras

3.4. Rancangan Perangkat Lunak

Tahap rancangan perangkat lunak dan dilakukan perancangan sistem untuk merancang *website* serta perancangan komunikasi MQTT.

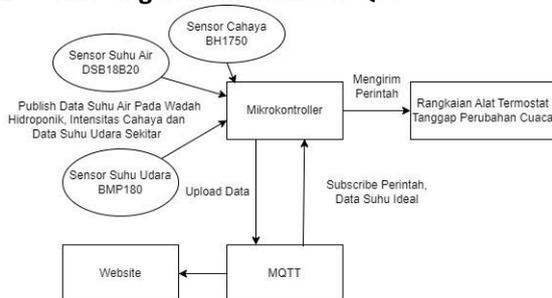
3.4.1 Use Case Diagram



Gambar 3. Use Case Diagram

Gambar 3 merupakan rancangan *use case diagram* dari sistem yang akan dibuat berbasis *website*, dimana *user* dapat mengatur suhu air ideal tanaman hidroponik yang dibudidaya sehingga sistem akan bekerja secara otomatis untuk menjaga suhu air agar tetap mendekati pada suhu yang ideal. Selain itu, *user* dapat melihat *timeline* perubahan suhu air pada tanaman hidroponik. Informasi dari *timeline* perubahan suhu air pada wadah hidroponik meliputi waktu, tanggal, perubahan suhu air, suhu udara sekitar pada saat terjadinya perubahan suhu air, tekanan udara, dan berapa kali pompa bekerja untuk mengalirkan air ke wadah sistem pendingin *peltier*.

3.4.2 Rancangan Komunikasi MQTT



Gambar 4. Rancangan Komunikasi MQTT

Gambar 4 merupakan rancangan komunikasi MQTT dari sistem yang akan dibuat. Sensor Suhu Air DS18B20 akan memberikan informasi mengenai nilai suhu air pada wadah hidroponik, Sensor Suhu Udara BMP180 akan menunjukkan informasi mengenai nilai suhu dan tekanan udara di sekitar hidroponik dan Sensor Cahaya BH1750 akan memberikan informasi mengenai nilai intensitas cahaya di sekitar hidroponik. Informasi tersebut akan diproses pada mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian akan mengirimkan perintah ke Rangkaian Alat Termostat Cerdas Tanggap Perubahan Cuaca, dan rangkaian tersebut akan mengeksekusi perintah berdasarkan informasi dari Sensor Suhu Air DS18B20 dan mengikuti suhu target yang diatur pada *website*. Selanjutnya, informasi *time line* perubahan suhu air pada hidroponik akan ditampilkan melalui halaman *website*.

3.5. Implementasi Sistem

Dilakukan penyusunan konfigurasi perangkat keras dan pembuatan perangkat lunak kemudian menghubungkan keduanya menjadi sebuah sistem yang menggunakan protokol komunikasi MQTT. Tahap implementasi sistem terbagi menjadi 2 yaitu sebagai berikut :

1. Penyusunan Perangkat Keras

Tahap penyusunan perangkat keras meliputi NodeMCU, Sensor Suhu Udara BMP180, Sensor Suhu Air DS18B20, Sensor Cahaya BH1750, Modul Relay, Pompa Air, Panel Surya, Solar Charge Controller, Step Down Module dan Sistem Pendingin Peltier akan disusun menjadi satu rangkaian elektronika untuk menjaga suhu air pada wadah hidroponik agar tetap mendekati suhu ideal. Proses penyusunan perangkat disesuaikan dengan perancangan yang telah dibuat pada tahap perancangan perangkat keras sistem.

2. Pembuatan Perangkat Lunak

Tahap pembuatan perangkat lunak dilakukan pembuatan *website* sederhana yang dapat diakses oleh pengguna, *website* tersebut akan digunakan sebagai media untuk menampilkan *time line* perubahan suhu air pada wadah hidroponik dan banyak suplai air yang dialirkan ke dalam wadah hidroponik serta mengatur target suhu air pada wadah hidroponik.

3.6. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Tahap pengujian dan evaluasi sistem akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun. Teknik pengujian yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu metode pengujian *black box* dan

pengujian terhadap keseluruhan kinerja sistem. Adapun tahap pengujiannya adalah sebagai berikut :

3.6.1 Pengujian *Black Box*

Pengujian *black box* dilakukan pada sistem termostat cerdas tanggap perubahan cuaca berbasis iot untuk hidroponik untuk menganalisa fungsionalitas dari fitur dan kinerja setiap alat yang digunakan pada sistem yang dirancang. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak dan sistem mampu untuk menstabilkan suhu air dengan toleransi yang seminimal mungkin.

3.6.2 Pengujian Kelayakan Fungsi Sistem

Menguji kelayakan fungsi sistem yang telah dibuat, dimana akan dibagi menjadi 2 skenario pengujian yaitu skenario dalam penelitian dan skenario diluar penelitian.

a. Skenario di dalam penelitian terbagi menjadi 2 tahap pengujian, yaitu tahap kalibrasi pemanas dan pendingin suhu air dan tahap pengujian akhir. Adapun tahap pengujian tersebut meliputi:

1) Tahap Kalibrasi Pemanas dan Pendingin Suhu Air, meliputi:

- a) Mencatat suhu awal air.
- b) Mengukur suhu awal dan suhu maksimal *Peltier*.
- c) Menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari *Peltier* hingga suhu berubah sebesar 1°C.

2) Tahap Pengujian Akhir, meliputi:

- a) Menentukan target suhu air ideal sesuai dengan jenis tanaman yang digunakan.
- b) Membiarkan sistem berjalan secara otomatis untuk melihat perubahan suhu yang terjadi berdasarkan air yang dialirkan dari sistem pendingin *Peltier*.
- c) Setiap kali pompa bekerja, akan dicatat melalui sistem dan mencatat perubahan suhu yang dihasilkan.
- d) Terdapat 2 *output*, yaitu rata-rata suhu secara total (misalkan suhu target adalah 30°C, karena sistem bekerja secara otomatis maka dalam perubahan suhu air akan memungkinkan untuk mencapai suhu 29°C atau 31°C) dan perubahan suhu air tersebut akan dibandingkan dengan perubahan suhu udara.

b. Skenario di luar penelitian, meliputi pengujian untuk mengukur konsumsi daya *Peltier* dari kondisi mati sampai siap digunakan dalam sehari-hari. Akan tetapi pengujian tersebut tidak akan dibahas pada penelitian ini.

3.6.3 Pengujian Kelayakan Sistem Bersama *User*

Menguji kelayakan sistem bersama *user*, dalam hal ini *user* yang dimaksud adalah pakar dari bidang pertanian yaitu prof Komang Damar Jaya selaku dosen fakultas pertanian Universitas Mataram. Pengujian bersama *user* bertujuan untuk memvalidasi manfaat dan kegunaan dari sistem termostat cerdas tanggap perubahan cuaca berbasis iot yang telah dirancang. Dimana pengujian tetap berfokus pada kinerja alat saat menjaga kestabilan suhu air pada wadah hidroponik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Perangkat Keras

Realisasi penyusunan perangkat keras dari Pembuatan Termostat Cerdas Tanggap Perubahan Cuaca Berbasis IoT untuk Hidroponik berdasarkan rancangan perangkat keras pada bab sebelumnya. Implementasi perangkat keras yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Realisasi Perangkat Keras

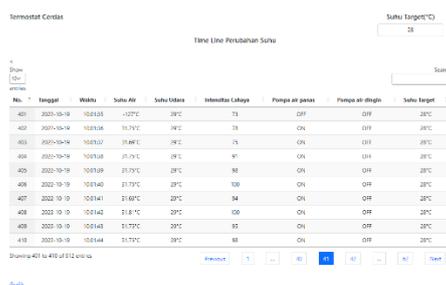
Gambar 5 merupakan realisasi rancangan perangkat keras sistem dimana setiap alat telah dirangkai menjadi satu dengan fungsi dari masing-masing alat tersebut adalah sebagai berikut:

1. NodeMCU, merupakan perangkat yang digunakan sebagai mikrokontroler yang menjadi inti dari kinerja keseluruhan alat dan terhubung dengan modul *relay*, sensor suhu air DS18B20, sensor suhu udara BMP180 dan sensor intensitas cahaya BH1750.
2. Modul *Relay*, merupakan perangkat yang digunakan sebagai *switch on/off* dengan 2 *channel* untuk pompa air panas dan air dingin.
3. Sensor Suhu Air DS18B20, merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur suhu air pada wadah hidroponik.

4. Sensor Suhu Udara BMP180, merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur suhu udara di sekitar wadah hidroponik.
5. Sensor Cahaya BH1750, merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya di sekitar wadah hidroponik.
6. Pompa Air, merupakan perangkat yang digunakan untuk mengalirkan air dari wadah hidroponik ke dalam sistem pendingin *peltier* kemudian kembali lagi ke wadah hidroponik.
7. Sistem Pendingin *Peltier*, merupakan perangkat yang digunakan untuk mengubah suhu air menjadi panas atau dingin.
8. Panel Surya, merupakan perangkat yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik sebagai sumber daya alat untuk bekerja.
9. *Solar Charge Controller*, merupakan perangkat yang digunakan untuk mengisi ulang daya aki dengan energi yang diperoleh dari panel surya dan meneruskan energi dari panel surya ke alat.
10. *Step Down Module*, merupakan perangkat yang digunakan untuk menurunkan tegangan arus listrik sesuai dengan yang diperlukan setiap perangkat.
11. Aki, merupakan perangkat yang digunakan untuk menyimpan daya yang diperoleh dari panel surya melalui *solar charge controller*.

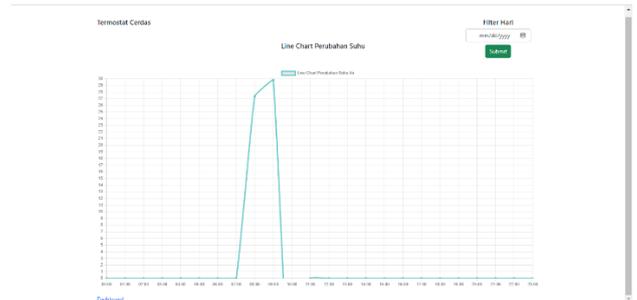
4.2 Realisasi Perangkat Lunak

Pembuatan *website* Sistem Pembuatan Termostat Cerdas Tanggap Perubahan Cuaca Berbasis IoT untuk Hidroponik menggunakan bahasa pemrograman PHP berdasarkan pembahasan sub bab *use case diagram*.



Gambar 6. Halaman *Dashboard*

Gambar 6 merupakan implementasi *interface* dari halaman utama sistem. Pada halaman utama sistem terdapat *input text* untuk memasukkan suhu target dan terdapat tabel untuk menampilkan data berupa tanggal, waktu, suhu air, suhu udara, intensitas cahaya, pompa air dingin, pompa air panas, dan suhu target yang diperoleh dari perangkat keras dan tersimpan di *database*.



Gambar 7 Halaman *Line Chart*

Gambar 7 merupakan implementasi *interface* dari halaman *line chart*, pada halaman ini berisi informasi perubahan suhu air berbanding waktu yang ditampilkan dalam bentuk grafik dan data tersebut diperoleh dari perangkat keras serta tersimpan dalam *database*.

4.3 Hasil Pengujian *Black Box*

Pengujian *black box* yang dilakukan untuk menganalisa fungsionalitas dari fitur dan kinerja setiap alat yang digunakan pada sistem yang dirancang. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak dan sistem mampu untuk menstabilkan suhu air dengan toleransi yang seminimal mungkin.

Tabel 1 Pengujian *Black Box*

No.	Fitur	Hasil yang diharapkan
1.	NodeMCU dapat membaca <i>input</i> sensor	Terbaca
2.	NodeMCU dapat terhubung ke MQTT <i>broker</i> di laptop	Terhubung
3.	NodeMCU dapat mengirimkan data ke laptop	Terkirim
4.	Sensor suhu BMP180 dapat mengukur suhu udara di sekitar	Terukur
5.	Sensor suhu air DS18B20 dapat mengukur suhu air pada wadah hidroponik	Terukur
6.	Sensor cahaya BH1750 dapat mengukur intensitas cahaya di sekitar	Terukur
7.	Sistem Pendingin <i>Peltier</i> dapat menghasilkan air panas dan dingin	Dihasilkan
8.	Pompa air dapat memompa air panas saat suhu air dingin	Terpompa
9.	Pompa air dapat memompa air dingin saat suhu air panas	Terpompa
10.	Pompa air berhenti memompa saat suhu air stabil	Terhenti
11.	Laptop bisa menyimpan data pada <i>database</i> MySQL	Tersimpan di <i>Database</i>
12.	<i>Website</i> bisa menampilkan data dari MySQL	Tertampil

4.4 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Hasil pengujian fungsi sistem secara keseluruhan meliputi pengujian tahap kalibrasi, dan pengujian tahap akhir berupa pengujian tanpa menggunakan

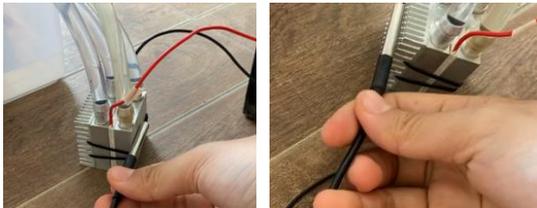
website dan menggunakan website. Pengujian tidak dilakukan selama 24 jam penuh melainkan dilakukan pada kondisi cuaca tertentu saja.

4.4.1 Pengujian Tahap Kalibrasi

Pengujian tahap kalibrasi, pengujian tahap kalibrasi meliputi kalibrasi pemanas dan pendingin suhu air. Skenario tahap ini dilakukan dengan menghitung suhu awal serta suhu maksimal pemanas dan pendingin yang dihasilkan oleh *peltier*, kemudian kalibrasi pemanas dan pendingin untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan pemanas atau pendingin dalam mengubah suhu air menjadi suhu target atau suhu ideal.

1. Kalibrasi *Peltier*

Kalibrasi *peltier* dilakukan bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan *peltier* untuk mencapai suhu maksimal pada masing-masing sisi dengan mengukur suhu dari setiap sisi seperti Gambar 8.



Gambar 8 Pengujian *Peltier*
 Tabel 2 Hasil Pengujian *Peltier*

No.	Pengujian	Suhu Awal	Suhu Akhir	Waktu
1.	<i>Peltier</i> Sisi Panas	30°C	55.44°C	2 Menit
2.	<i>Peltier</i> Sisi Dingin	30°C	18.06°C	3 Menit

Hasil tersebut menunjukkan bahwa *peltier* sisi panas membutuhkan waktu lebih cepat dibandingkan *peltier* sisi dingin dengan suhu akhir yang diketahui yaitu 55.44°C untuk sisi panas dan 18.06°C untuk sisi dingin.

2. Kalibrasi Pemanas

Kalibrasi Pemanas dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan *peltier* sisi panas dalam mengubah suhu air yang lebih dingin menjadi suhu target atau suhu ideal.

Tabel 3 Hasil Pengujian Kalibrasi Pemanas

No	Suhu Target	Suhu Air (°C)	Suhu Udara (°C)	Intensitas Cahaya (lx)	Status Pompa	Waktu
1.	28°C	25.56	31.50	66.67	ON	14.10
2.	28°C	25.81	31.50	65.00	ON	14.10
3.	28°C	26.38	31.50	50.71	ON	14.11
4.	28°C	26.56	31.50	71.67	ON	14.11

5.	28°C	26.94	31.50	71.67	ON	14.12
6.	28°C	27.25	31.50	73.33	OFF	14.12
7.	28°C	27.44	31.50	73.33	OFF	14.12

Hasil pengujian Tabel 3 membuktikan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mengubah suhu air selama kurang lebih 2 menit apabila suhu air hanya berubah sekitar 2°C. Pengujian tersebut juga membuktikan bahwa *peltier* sisi panas dapat bekerja untuk mengubah suhu air menjadi suhu target atau suhu ideal.

3. Kalibrasi Pendingin

Kalibrasi Pemanas dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan *peltier* sisi panas dalam mengubah suhu air yang lebih dingin menjadi suhu target atau suhu ideal.

Tabel 4 Hasil Pengujian Kalibrasi Pendingin

No	Suhu Target	Suhu Air (°C)	Suhu Udara (°C)	Intensitas Cahaya (lx)	Status Pompa	Waktu
1.	28°C	30.19	31.70	44.17	ON	14.43
2.	28°C	30.13	31.60	43.17	ON	14.44
3.	28°C	29.88	30.80°C	43.33	ON	14.45
4.	28°C	29.56	30.80	43.33	ON	14.56
5.	28°C	29.25	30.80	43.33	ON	14.47
6.	28°C	29.13	30.80	43.33	ON	14.48
7.	28°C	29.00	30.80	44.17	OFF	14.49

Hasil pengujian Tabel 4 membuktikan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mengubah suhu air selama kurang lebih 6 menit apabila suhu air berubah sekitar 2°C. Waktu yang diperlukan untuk mendinginkan suhu air lebih lama daripada untuk memanaskan suhu air karena suhu maksimum pendingin hanya 18°C dengan selisih 10°C dari suhu target, sedangkan suhu maksimum pemanas bisa mencapai 55°C dengan selisih 27°C dari suhu target. Pengujian tersebut juga membuktikan bahwa *peltier* sisi dingin dapat bekerja untuk mengubah suhu air menjadi suhu target atau suhu ideal.

4.4.2 Pengujian Tahap Akhir

Pengujian ini dilakukan pada waktu dini hari, pagi hari, siang hari, sore hari, dan malam hari dengan menggunakan tanaman pakcoy serta mengikuti kondisi alam sebenarnya. Adapun hasil pengujian yang diperoleh sebagai berikut :

1. Pengujian Sore Hari

Pengujian sore hari dilakukan pada kondisi cuaca mendung. Pengujian dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengujian Sore Hari
 Tabel 5 Hasil Pengujian Sore Hari

No.	Suhu Target	Suhu Air	Suhu Udara	Intensitas Cahaya	Status Pompa Dingin	Status Pompa Panas
1.	28°C	29.75°C	30.70°C	15.83 lx	OFF	OFF
2.	28°C	29.25°C	30.60°C	15.83 lx	OFF	OFF
3.	28°C	29.31°C	30.60°C	36.67 lx	OFF	OFF
4.	28°C	29.13°C	30.60°C	36.67 lx	OFF	OFF
5.	28°C	29.25°C	30.60°C	37.50 lx	OFF	OFF
6.	28°C	29.25°C	30.60°C	35.83 lx	OFF	OFF
7.	28°C	29.38°C	30.60°C	36.67 lx	OFF	OFF
8.	28°C	29.25°C	30.60°C	36.67 lx	OFF	OFF
9.	28°C	29.31°C	30.60°C	35.00 lx	OFF	OFF
10.	28°C	29.25°C	30.40°C	34.17 lx	OFF	OFF

Hasil pengujian Tabel 5 merupakan data sampel pengujian yang diambil pukul 16.47 – 16.51 dan terlihat suhu air rata-rata berada pada angka 29°C sehingga tidak terjadi proses penyesuaian suhu, hal tersebut dikarenakan perubahan suhu yang terjadi hanya sebesar 1°C. Kemudian untuk suhu udara berkisaran pada angka 30°C yang menandakan bahwa suhu udara lebih panas kisaran 1°C, serta intensitas cahaya berada pada angka 15 lx, 34 lx dan 35 lx karena pengukuran dilakukan pada sore hari dan cuaca mendung sehingga intensitas cahaya lebih rendah.

2. Pengujian Malam Hari

Pengujian malam hari dilakukan pada kondisi cuaca cerah tidak berawan. Pengujian dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Pengujian Malam Hari
 Tabel 6 Hasil Pengujian Malam Hari

No.	Suhu Target	Suhu Air	Suhu Udara	Intensitas Cahaya	Status Pompa Dingin	Status Pompa Panas
1.	28°C	27.31°C	29.50°C	0.00 lx	OFF	OFF
2.	28°C	26.94°C	29.40°C	0.00 lx	OFF	OFF
3.	28°C	27.06°C	29.40°C	0.00 lx	OFF	OFF
4.	28°C	27.13°C	29.40°C	0.00 lx	OFF	OFF
5.	28°C	26.94°C	29.40°C	0.00 lx	OFF	OFF
6.	28°C	27.06°C	29.40°C	0.00 lx	OFF	OFF
7.	28°C	27.13°C	29.40°C	0.00 lx	OFF	OFF
8.	28°C	27.13°C	29.40°C	0.00 lx	OFF	OFF
9.	28°C	27.13°C	29.40°C	0.00 lx	OFF	OFF
10.	28°C	26.94°C	29.40°C	0.00 lx	OFF	OFF

Hasil pengujian Tabel 6 merupakan data sampel pengujian yang diambil pukul 20.17 – 20.20 dan dapat terlihat suhu air rata-rata berada pada angka 26°C dan 27°C sehingga tidak terjadi proses penyesuaian suhu, hal tersebut dikarenakan perubahan suhu yang terjadi hanya sebesar 1°C – 1.2°C. Kemudian untuk suhu udara berkisaran pada angka 29°C yang menandakan bahwa suhu udara lebih panas kisaran 2°C, serta intensitas cahaya berada pada angka 0 lx karena pengukuran dilakukan pada malam hari sehingga intensitas cahaya tidak ada.

3. Pengujian Siang Hari

Pengujian siang hari dilakukan pada kondisi cuaca mendung. Pengujian dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Pengujian Siang Hari
 Tabel 7 Hasil Pengujian Siang Hari

No.	Suhu Target	Suhu Air	Suhu Udara	Intensitas Cahaya	Status Pompa Dingin	Status Pompa Panas
1.	28°C	31.06°C	31.00°C	66.67 lx	ON	OFF
2.	28°C	30.94°C	31.00°C	66.67 lx	ON	OFF
3.	28°C	30.75°C	31.00°C	63.33 lx	ON	OFF
4.	28°C	30.50°C	31.00°C	62.50 lx	ON	OFF

5.	28°C	30.13°C	31.00°C	60.83 lx	ON	OFF
6.	28°C	29.56°C	31.10°C	59.17 lx	ON	OFF
7.	28°C	29.38°C	31.10°C	60.00 lx	ON	OFF
8.	28°C	29.13°C	31.10°C	58.33 lx	ON	OFF
9.	28°C	29.00°C	31.10°C	57.50 lx	OFF	OFF
10.	28°C	29.06°C	31.00°C	54.17 lx	OFF	OFF

Hasil pengujian Tabel 7 merupakan data sampel pengujian yang diambil pukul 13.41 – 13.50 dan dapat terlihat suhu air menyentuh 31.06°C sehingga terjadi proses penyesuaian suhu, hal tersebut dikarenakan perubahan suhu yang terjadi mencapai selisih lebih 2°C dari suhu target, kemudian proses penyesuaian suhu dilakukan dengan menurunkan suhu hingga selisih hanya 1°C, dimana waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu air sebesar 2°C selama 9 menit. Kemudian untuk suhu udara berkisaran pada angka 31°C, serta intensitas cahaya berada pada angka 54 lx hingga 66 lx karena pengukuran dilakukan pada siang hari dan cuaca mendung sehingga intensitas cahaya lebih rendah.

4. Pengujian Dini Hari

Pengujian dini hari dilakukan pada kondisi cuaca hujan deras. Pengujian dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Pengujian Dini Hari
 Tabel 8 Hasil Pengujian Dini Hari

No.	Suhu Target	Suhu Air	Suhu Udara	Intensitas Cahaya	Status Pompa Dingin	Status Pompa Panas
1.	28°C	25.75°C	24.70°C	0.83 lx	OFF	ON
2.	28°C	25.81°C	24.60°C	0.83 lx	OFF	ON
3.	28°C	26.06°C	24.60°C	0.83 lx	OFF	ON
4.	28°C	26.25°C	24.60°C	0.00 lx	OFF	ON
5.	28°C	26.50°C	24.60°C	0.00 lx	OFF	ON
6.	28°C	26.69°C	24.60°C	0.00 lx	OFF	ON
7.	28°C	26.81°C	24.60°C	0.83 lx	OFF	ON
8.	28°C	26.94°C	24.60°C	0.83 lx	OFF	ON

9.	28°C	27.00°C	24.60°C	0.83 lx	OFF	OFF
10.	28°C	27.19°C	24.60°C	0.83 lx	OFF	OFF

Hasil pengujian Tabel 8 merupakan data sampel pengujian yang diambil pukul 05.04 – 05.09 dan dapat terlihat suhu air menyentuh 25.75°C sehingga terjadi proses penyesuaian suhu, hal tersebut dikarenakan perubahan suhu yang terjadi mencapai selisih lebih 2°C dari suhu target, kemudian proses penyesuaian suhu dilakukan dengan menaikkan suhu hingga selisih hanya 1°C, dimana waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu air sebesar 2°C selama 5 menit. Kemudian untuk suhu udara berkisaran pada angka 24°C, serta intensitas cahaya berada pada angka 0 lx karena pengukuran dilakukan pada dini hari dan cuaca hujan deras sehingga intensitas cahaya tidak ada.

5. Pengujian Pagi Hari

Pengujian pagi hari dilakukan pada kondisi cuaca cerah. Pengujian dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Pengujian Pagi Hari
 Tabel 9 Hasil Pengujian Pagi Hari

No.	Suhu Target	Suhu Air	Suhu Udara	Intensitas Cahaya	Status Pompa Dingin	Status Pompa Panas
1.	28°C	30.06°C	33.90°C	315.83 lx	ON	OFF
2.	28°C	29.94°C	33.70°C	305.00 lx	ON	OFF
3.	28°C	29.88°C	33.80°C	295.85 lx	ON	OFF
4.	28°C	29.69°C	33.80°C	294.17 lx	ON	OFF
5.	28°C	29.56°C	33.70°C	285.83 lx	ON	OFF
6.	28°C	29.44°C	33.70°C	274.17 lx	ON	OFF
7.	28°C	29.31°C	33.70°C	274.17 lx	ON	OFF
8.	28°C	29.25°C	33.70°C	274.17 lx	ON	OFF
9.	28°C	29.13°C	33.60°C	275.50 lx	ON	OFF
10.	28°C	29.00°C	33.60°C	254.17 lx	OFF	OFF

Hasil Pengujian Tabel 9 merupakan data sampel pengujian yang diambil pukul 09.20 – 09.29 dan dapat terlihat suhu air menyentuh 30°C sehingga terjadi proses penyesuaian suhu, hal tersebut dikarenakan

perubahan suhu yang terjadi mencapai selisih 2°C dari suhu target, kemudian proses penyesuaian suhu dilakukan dengan menurunkan suhu hingga selisih hanya 1°C, dimana waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu air sebesar 1°C selama 9 menit. Kemudian untuk suhu udara berkisaran pada angka 33°C yang menandakan bahwa suhu udara lebih panas kisaran 2°C, serta intensitas cahaya berada pada angka 250 lx hingga 389 lx karena pengukuran dilakukan pada pagi hari di bawah sinar matahari dan cuaca cerah sehingga intensitas cahaya lebih tinggi. Hal ini menyebabkan waktu yang diperlukan untuk menurunkan suhu air lebih lama karena hidroponik terpapar sinar matahari secara langsung.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1 Berdasarkan pengujian tahap kalibrasi menunjukkan bahwa sistem pendingin *peltier* pada sisi panas lebih cepat untuk mencapai suhu maksimum dibandingkan dengan sisi dingin seperti hasil pengujian pada Tabel 2 karena suhu panas yang dihasilkan *peltier* mempengaruhi suhu dingin sehingga waktu yang diperlukan lebih lama.
- 2 Waktu yang dibutuhkan sistem untuk menaikkan suhu air sebesar 1°C yaitu 2 - 4 menit, sedangkan waktu yang dibutuhkan sistem untuk menurunkan suhu air sebesar 1°C yaitu 6 – 9 menit. Sistem lebih cepat bekerja untuk memanaskan suhu air hingga mencapai suhu target dibandingkan mendinginkan suhu air hingga mencapai suhu target. Pendinginan suhu air terjadi lebih lama karena suhu dingin maksimum yang dihasilkan *peltier* hanya mencapai 18°C, sedangkan sisi panas mencapai 55°C.
- 3 Berdasarkan hasil pengujian tahap akhir menunjukkan bahwa waktu, banyak air, intensitas cahaya, kondisi cuaca, dan suhu udara dapat mempengaruhi perubahan suhu air seperti hasil pengujian pada Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9.
- 4 Pompa akan bekerja apabila terjadi perubahan suhu air dengan selisih 2°C dari suhu target yang telah ditentukan dan akan berhenti bekerja apabila suhu air telah mencapai selisih 1°C dari suhu target yang telah ditentukan untuk mengantisipasi *peltier* bekerja terlalu keras karena perubahan suhu yang terlalu tinggi dan proses mencapai suhu target akan lebih lama.

5.2 Saran

Apabila dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan penelitian ini kedepannya, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk menjadi acuan pengembangan sistem berikutnya:

1. Disarankan ada kolaborasi antara mahasiswa Program Studi Teknik Informatika dengan mahasiswa Teknik Elektro untuk mengatur kelistrikan pada perangkat yang dibangun. Kolaborasi berfokus pada efisiensi energi yang digunakan oleh *peltier*, mulai dari pengaturan tegangan secara dinamis menggunakan *dimmer* untuk mengurangi daya, sehingga aki dapat digunakan lebih lama.
2. Diharapkan dilakukan evaluasi bersama mahasiswa pertanian untuk mengukur *total dissolve solid* (TDS) dan kadar pH yang setelah dilakukan pengaturan suhu air. Sehingga dapat diketahui manfaat lebih jauh dari sistem yang telah dibangun kepada tanaman secara lebih spesifik.
3. Diharapkan sistem diuji dalam jangka waktu yang lama guna menguji ketahanan alat dan dibuat konsep instalasi sistem yang lebih praktis dengan bekerja sama dengan pakar bidang industri.
4. Melakukan pengujian pada sistem *wick* dengan skala yang lebih besar atau dengan metode hidroponik lainnya seperti metode *deep flow* yang melibatkan pompa, sehingga dapat diketahui efek pengaturan suhu terhadap air mengalir.
5. Melakukan implementasi algoritma cerdas dalam melakukan *data mining* berupa *association rule mining* dan regresi terhadap data yang dikumpulkan. Sehingga kedepannya dapat diperkirakan pengaruh perubahan cuaca terhadap energi yang digunakan dalam pengaturan suhu.
6. Diharapkan sistem dapat dibuat untuk memonitoring dan mampu memperlihatkan data secara *realtime*.
7. Melakukan implementasi sistem terhadap bidang lain yang membutuhkan pengaturan suhu tanpa menyentuh elemen pemanas secara langsung ke air, seperti bidang farmasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. S. Roidah, "Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik," vol. 1, no. 2, pp. 43–50, 2014.
- [2] K. R. I. Shinta Nurhasanah, Ai Komariah, Roni Assafaat Hadi, "Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy Varietas Flamingo Akibat Perlakuan Macam Media Tanam dan Konsentrasi Pupuk Pelengkap Cair Bayfloan," vol. 2, no. 3, pp. 2–7, 2019.

