

IMPLEMENTASI SISTEM PEMANTAUAN SUHU DAN KELEMBABAN UDARA BERBASIS IOT PADA *PLANT FACTORY* KEBUN PERCOBAAN FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS UDAYANA

I Nyoman Agus Junaedi¹, Anak Agung Ngurah Amrita², I Nyoman Setiawan²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Kabupaten Badung, Bali 80361

agus.junaedi@student.unud.ac.id¹, ngr_amrita@unud.ac.id², setiawan@unud.ac.id³

ABSTRAK

Plant factory merupakan suatu perkembangan teknologi dibidang pertanian yang mampu mengatasi menurunnya produktivitas disektor pertanian yang disebabkan oleh keterbatasan lahan pertanian. Konsep dari *plant factory* itu sendiri adalah penerapan suatu kondisi lingkungan yang baik bagi tanaman untuk tumbuh didalam ruangan yang mudah dikendalikan sehingga tidak terpengaruh oleh cuaca diluar ruangan. Suhu dan kelembaban udara didalam ruangan *plant factory* harus dipantau dan dikendalikan secara realtime dengan suatu teknologi *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan konektivitas internet untuk saling terhubung dan melakukan transmisi data. Sistem yang dirancang menggunakan dua mikrokontroler yaitu Arduino nano berfungsi sebagai pembaca input sensor suhu dan kelembaban yaitu sensor DHT22, sedangkan ESP32 berfungsi sebagai modul pengirim data sensor DHT22 ke server *blynk* melalui koneksi internet untuk disimpan di *database* dan dapat diakses melalui *smartphone user*. ESP32 juga berfungsi sebagai kontrol otomatis kelembaban udara dan kontrol pendingin ruangan *Air Conditioner* (AC) dari jarak jauh melalui *smartphone*.

Kata kunci : *Plant factory*, IoT, Arduino Nano, ESP32, Pemantauan Suhu dan Kelembaban

ABSTRACT

Plant factory is a technological development in agriculture that is able to overcome the decline in productivity in the agricultural sector caused by limited agricultural land. The concept of the *plant factory* itself is the application of a good environmental condition for plants to grow indoors which is easy to control so that they are not affected by the weather outside. The temperature and humidity in the *plant factory* must be monitored and controlled in real time with an *Internet of Things* (IoT) technology that utilizes internet connectivity to connect and transmit data. The system is designed using two microcontrollers, namely Arduino nano which functions as an input reader for temperature and humidity sensors, namely the DHT22 sensor, while ESP32 functions as a module for sending DHT22 sensor data to the Blynk via an internet connection to be stored in the database and can be accessed via the smartphone user. The ESP32 also functions as an automatic control of air humidity and air conditioning (AC) control remotely via a smartphone.

Key Words : *Plant factory*, IoT, Arduino Nano, ESP32, Temperature and Humidity Monitoring

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, karena sebagian besar penduduk Indonesia bermata pencaharian disektor pertanian serta didukung oleh wilayah Indonesia yang sebagian besar merupakan lahan pertanian. Kondisi lahan pertanian di Indonesia kian hari semakin berkurang. Berdasarkan sensus yang dilakukan Badan Pusat Statistik (BPS), luas lahan pertanian di Indonesia berkurang dari 7,75 juta hektar pada 2013 menjadi 7,1 juta hektar pada 2018. Penurunan luas lahan pertanian terutama terjadi di daerah perkotaan yang membuat minat masyarakat kota menurun untuk bercocok tanam, sehingga produksi pertanian juga menurun. Perkembangan teknologi di bidang pertanian untuk mengatasi keterbatasan lahan terus berkembang. Salah satu solusinya adalah mengembangkan pertanian di lahan terbatas atau yang dikenal dengan *Plant Factory*.

Internet of Things (IoT) adalah salah satu teknologi yang paling cepat berkembang saat ini. IoT memanfaatkan konektivitas internet untuk saling berkomunikasi serta mengirimkan data. Penerapan teknologi berbasis IoT pada kehidupan sehari-hari sangatlah bermanfaat untuk manajemen pengelolaan energi contohnya mulai dari *smart home*, *smart garden*, dan *smart metering* [1]. Dalam pengaplikasian teknologi IoT umumnya menggunakan sebuah mikrokontroler sebagai penerjemah perintah ke dalam bahasa pemrograman untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Salah satu mikrokontroler yang sering digunakan dalam *project* IoT adalah arduino. Pemanfaatan arduino sendiri sudah sangat banyak digunakan mulai dari bidang pertanian, kesehatan, peternakan, penciptaan robot, keamanan, dan kendaraan [2].

Konsep dari *plant factory* itu sendiri adalah penerapan suatu kondisi lingkungan yang baik bagi tanaman untuk tumbuh didalam ruangan yang mudah dikendalikan sehingga tidak terpengaruh oleh cuaca diluar ruangan. Kebutuhan akan cahaya untuk proses fotosintesis tanaman

menggunakan lampu buatan (*fluorescent*) [3]. Semua faktor untuk mendukung pertumbuhan tanaman seperti kualitas air (kadar pH, suhu air, ppm), intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban udara didalam ruangan diatur sedemikian rupa dengan teknologi. Sistem yang dirancang pada *plant factory* dengan konsep *Internet of Things* (IoT) dibagi menjadi 2 yaitu sistem monitoring dikolam dan sistem monitoring diruangan. Sistem monitoring dikolam merupakan sistem yang memantau parameter pertumbuhan tanaman yang ada di air meliputi kadar pH, persediaan nutrisi, dan suhu dari air didalam kolam. Sedangkan sistem monitoring diruangan merupakan sistem yang memantau kondisi suhu dan kelembaban udara didalam ruangan serta intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu sebagai sumber cahaya buatan. Pada *Plant Factory*, tumbuh kembang tanaman dapat diamati secara intensif guna mengetahui laju dan juga prediksi bakal panen. Tanaman yang dibudidayakan pada penelitian ini adalah tanaman selada, dimana salah satu faktor pendukung dalam membudidayakan selada adalah suhu dan kelembaban, maka pertumbuhan selada akan optimal pada suhu udara berkisar antara 15°C sampai 25°C dan kelembaban berkisar antara 60% sampai 80% [4].

Suhu dan kelembaban udara didalam ruangan *plant factory* harus terus dipantau dan dikendalikan, karena kondisi suhu dan kelembaban udara yang tidak stabil menyebabkan tanaman layu dan berkembangnya bibit penyakit sehingga pertumbuhan pada tanaman tidak optimal. Berdasarkan latar belakang diatas maka dalam penelitian ini dirancang dan diimplementasikan sebuah sistem pemantauan kondisi suhu dan kelembaban udara berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan konektivitas internet untuk saling berkomunikasi dan mentransmisikan data. Sistem ini akan dapat memberikan informasi mengenai kondisi suhu dan kelembaban didalam ruangan secara *realtime* dari jarak jauh.

Kelebihan dari sistem yang dirancang adalah jika kondisi suhu dan kelembaban udara didalam ruangan tidak stabil, maka akan terdapat notifikasi pada aplikasi *blynk* dan email dari *user* agar melakukan pengaturan pada suhu pendingin ruangan atau *Air Conditioner* (AC) yang digunakan bisa dari jarak jauh melalui *smartphone* sehingga *user* tidak perlu datang langsung ke kebun untuk menstabilkan suhu pendingin ruangan, serta kemampuan untuk mengontrol kelembaban udara secara otomatis didalam ruangan sehingga kelembaban udara didalam ruangan tetap terjaga di kisaran 60-80%. Penelitian ini diharapkan dapat memudahkan petani dalam memantau suhu dan kelembaban udara pada *plant factory* secara *realtime* dengan jarak yang jauh tanpa harus datang ke kebun menggunakan IoT (*Internet of Things*) sebagai *interface* untuk alat pemantauan sehingga mendapatkan hasil tanaman yang berkualitas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Plant Factory*

Plant factory adalah sistem rekayasa untuk membudidayakan tanaman dalam lingkungan yang terkendali untuk melakukan pemantauan dan pengaturan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti suhu, kelembaban udara, kualitas air, dan intensitas cahaya. Salah satu jenis *plant factory* yang cukup populer yaitu *Plant Factory with Artificial Lightning* (PFAL). Seperti namanya, sistem pertanian ini menggunakan teknologi pencahayaan buatan dengan lampu [3]. Pada Gambar 1. ditampilkan sebuah contoh *Plant Factory with Artificial Lightning* (PFAL):



Gambar 1. *Plant Factory with Artificial Lightning* (PFAL)

2.2 Tanaman Selada

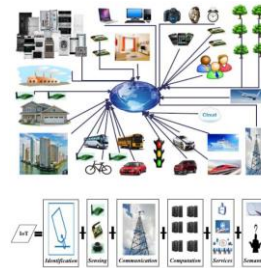
Selada (*Lactuca sativa* L) merupakan tanaman hortikultura dengan prospek yang baik dan nilai ekonomi yang tinggi [5]. Contoh tanaman selada ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tanaman Selada

2.3 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things merupakan proses penghubungan sebuah mesin, perangkat, dan objek fisik lainnya ke jaringan sensor dan aktuator dengan memanfaatkan konektivitas internet untuk saling berkomunikasi dan mengirimkan data [6]. Berikut merupakan contoh gambar dari *Internet of Things* (IoT) yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Internet of Things* (IoT)

2.4 Perangkat Keras (*Hardware*)

2.4.1 Arduino Nano

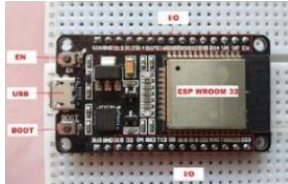
Arduino adalah platform komputasi fisik yang bersifat *open source* dengan kombinasi antara perangkat keras, bahasa pemrograman, dan sebuah perangkat lunak *Integrated Development Environment* (IDE) berfungsi untuk menulis program, mengcompile program, dan mengupload program ke dalam memori mikrokontroler [7]. Contoh arduino nano ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Arduino Nano

2.4.2 Modul WiFi NodeMCU ESP 32

NodeMCU ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler yang dilengkapi dengan wi-fi yang memiliki kecepatan lebih sehingga sangat cocok untuk mendukung penerapan jaringan *Internet of Things* (IoT) dan sebuah *Bluetooth low energy* [8]. Berikut ini adalah bentuk fisik Modul ESP32 pada Gambar 5.



Gambar 5. Module Wifi NodeMCU ESP32

2.4.3 Relay

Relay merupakan sebuah komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar yang memanfaatkan gaya elektromagnetik untuk membuka dan menutup rangkaian. Relay memiliki 3 bagian utama yaitu *common*, koil, dan dua bagian kontak yaitu *normally close* dan *normally open* [9]. Contoh relay ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Relay 4 Channel

2.4.4 Air conditioner (AC)

Air conditioner (AC) merupakan mesin yang dirancang untuk menstabilkan suhu dan kelembaban udara didalam ruangan [10]. Berikut adalah contoh gambar AC yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Air Conditioner (AC)

2.4.5 Ultrasonic Mist Maker

Ultrasonic mist maker adalah suatu alat yang dapat berfungsi untuk menghasilkan kabut dari air biasa dengan menggunakan proses *ultrasonic*

atomization [11]. Alat ini bekerja dengan supplay tegangan 24 VDC. Bentuk fisik *Ultrasonic mist maker* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Ultrasonic Mist Maker

2.4.6 Sensor DHT22

DHT22 adalah sensor suhu dan kelembaban, juga dikenal sebagai sensor AM2302. Sensor ini mirip dengan DHT11 dan memiliki empat pin yaitu power supply, sinyal data, NC, Ground [12]. Tegangan sumber biasanya 5V yang dihubungkan ke kaki Vs karena tegangan sumber yang digunakan mengikuti tegangan operasi mikrokontroler yaitu sama sebesar 5V. Gambar 9 menunjukkan bentuk fisik dari sensor DHT22.

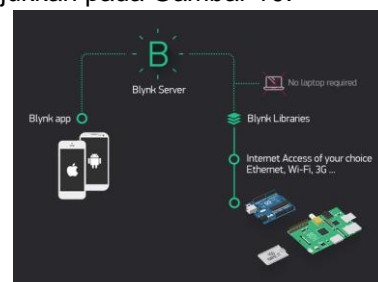


Gambar 9. Sensor DHT22

2.5 Perangkat Lunak (Software)

2.5.1 Blynk

Blynk adalah dasbor digital dengan antarmuka grafis yang biasanya dimanfaatkan untuk membuat proyek IoT. Cara penggunaannya sangat mudah yaitu dengan cara *drag and drop* komponen input/output yang diperlukan program tambahan pada *smartphone* [13]. Berikut merupakan skematik dari blynk server yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Blynk Cloud Server

2.5.2 Arduino IDE (Integrated Development Environment)

Arduino IDE merupakan sebuah *software* yang dimanfaatkan sebagai pembuatan *source code* program untuk board Arduino [14]. *Software* ini dapat ditulis menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya. Berikut tampilan logo dari *software* Arduino IDE pada Gambar 11.

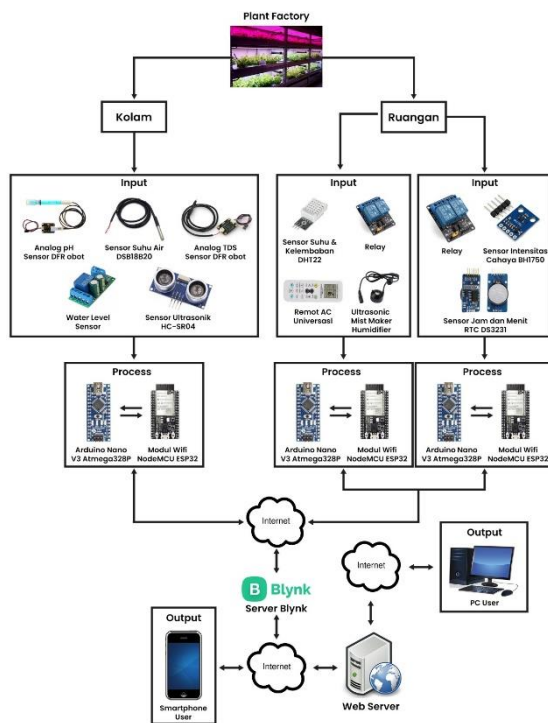


Gambar 11. Arduino IDE

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem pemantauan yang dirancang pada *plant factory* secara umum terdiri dari sistem pemantauan dikolam dan sistem pemantauan diruangan. Berikut diagram blok gambaran umum sistem pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 12.

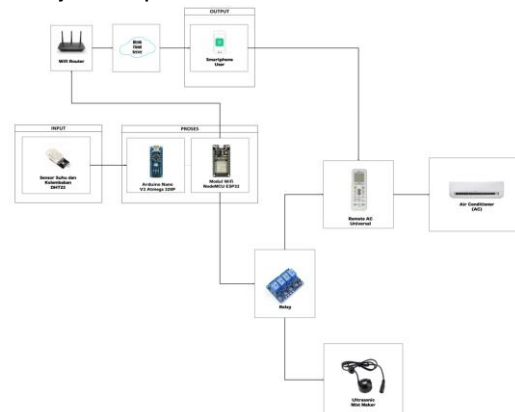


Gambar 12. Diagram Blok Gambaran Umum Sistem

Pada sistem terdapat input berupa sensor-sensor dimana nilai dari sensor ini akan diolah oleh Arduino Nano kemudian akan dikirim ke server blynk melalui modul wifi ESP32 untuk ditampilkan data hasil monitoring melalui *smartphone* dan *web server user*.

3.2 Gambaran Khusus Sistem

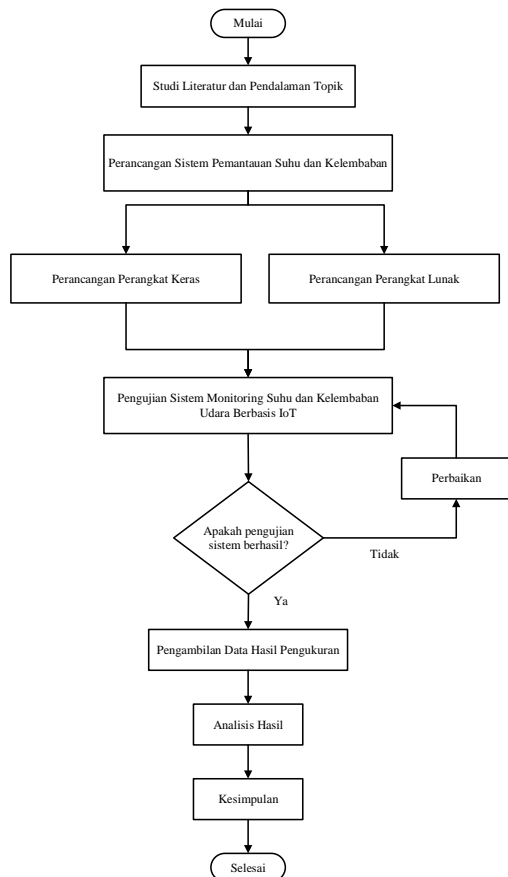
Sistem yang dirancang pada penelitian ini adalah sistem pemantauan suhu dan kelembaban udara berbasis IoT menggunakan 2 buah mikrokontroler yaitu arduino nano sebagai pembaca sensor DHT22 dan ESP32 sebagai modul pengirim data sensor yang telah diolah oleh arduino ke server *blynk* melalui koneksi internet agar datanya bisa diakses melalui *smartphone*. ESP32 juga berfungsi sebagai kontrol untuk AC dengan relay yang sudah dihubungkan dengan remote AC universal agar bisa mengatur suhu AC dari jarak jauh dan sistem kontrol otomatis untuk kelembaban udara. Jika kelembaban udara didalam ruangan berada dibawah 60%, maka relay akan *mengaktifkan ultrasonic mist maker* untuk melakukan pengkabutan buatan dengan tujuan untuk menaikkan kelembaban udara dan akan Off apabila kelembaban diatas 60%. Peletakan alat ini nantinya akan dekat dengan AC agar remote AC universal yang terdapat pada rangkaian bisa melakukan fungsinya sesuai perintah dari aplikasi apakah menaikkan suhu atau menghidup dan mematikan AC. Diagram blok gambaran khusus sistem ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Blok Gambaran Khusus Sistem

3.3 Tahapan Penelitian

Secara sistematis tahapan-tahapan penelitian ini dijelaskan pada Gambar 14 dibawah ini :



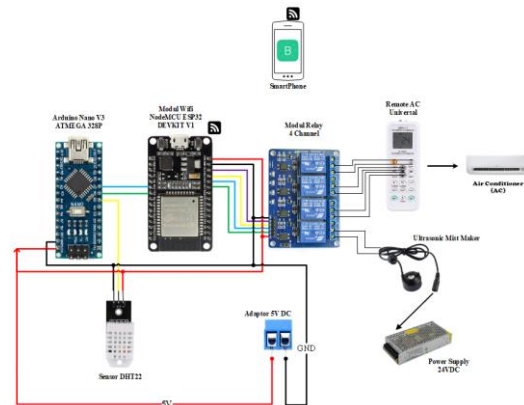
Gambar 14. Diagram Alir (Flowchart) Penelitian

Tahapan penelitian ini dimulai dengan merancang perangkat keras dan perangkat lunak kemudian dilakukan proses pengujian alat. Pengujian dilakukan dengan menguji setiap komponen elektronika yang digunakan dan menguji unjuk kinerja sistem selama 1 bulan masa tanam selada.

3.4 Perancangan Perangkat Keras

3.4.1 Rancangan Skematik Perangkat Keras

Rancangan skematik keseluruhan perangkat keras dari sistem pemantauan suhu dan kelembaban udara berbasis IoT pada *plant factory* ditunjukkan pada Gambar 15.

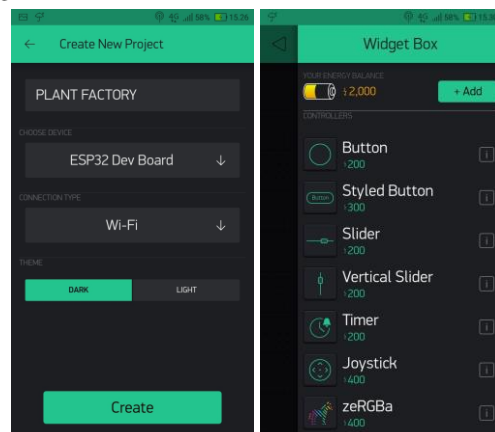


Gambar 15. Rancangan Skematik Perangkat Keras

Gambar 15 merupakan rangkaian skematik keseluruhan perangkat keras, dimana, output dari relay adalah remote AC universal dan *Ultrasonic mist maker*. Pengaturan serta pemantauan suhu dan kelembaban dapat diakses melalui aplikasi android *Blynk*. Input catu daya untuk rangkaian mikrokontroler menggunakan adaptor dengan input tegangan 5V DC.

3.5 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak sistem pemantauan suhu dan kelembaban dimulai dengan mendesain tampilan monitoring pada aplikasi *blynk* dengan cara *drag and drop widget* yang diperlukan serta konfigurasi pin-pin virtual yang akan digunakan untuk menerima data dari ESP 32.



Gambar 16. Perancangan Tampilan Antarmuka Aplikasi *Blynk*

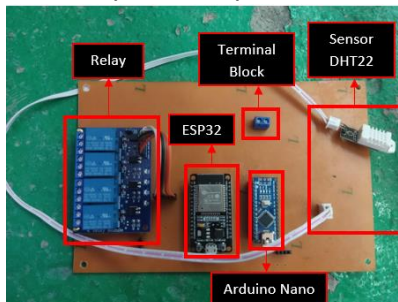
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Rancangan Perangkat Keras

Realisasi perangkat keras meliputi rancangan mikrokontroler, rancangan aktuator, dan rancangan kontrol ac dari jarak jauh.

4.1.1 Rancangan Mikrokontroler

Rangkaian skematik alat yang telah dibuat dicetak dalam PCB (*Printed Circuit Board*). Rangkaian mikrokontroler yang sudah dicetak di PCB serta komponen elektronika dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Rangkaian PCB Lengkap dengan Komponen Elektronika

4.1.2 Rancangan Aktuator (Kotak Misting)

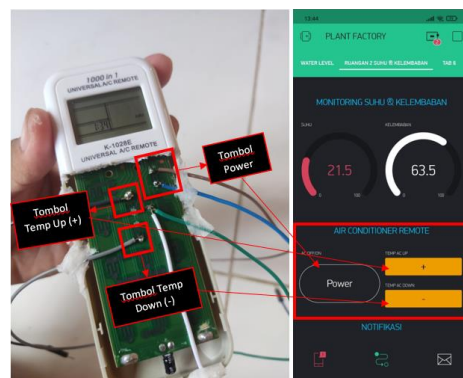
Ultrasonic Mist Maker berfungsi sebagai aktuator penghasil kabut buatan, dimana NodeMCU ESP32 akan memerintahkan relay untuk ON/OFF *Ultrasonic Mist Maker* jika kelembaban didalam ruangan dibawah dari standar yang ditentukan. *Ultrasonic Mist Maker* ditaruh dalam kotak yang berisi air dan kipas DC 12V yang berfungsi untuk menaikkan uap air yang dihasilkan oleh *Ultrasonic Mist Maker*. Agar *Ultrasonic Mist Maker* bekerja secara maksimal maka ditambahkan styrofoam supaya tidak tenggelam seperti Gambar 18.



Gambar 18. Kotak Misting

4.1.3 Rancangan Kontrol AC dengan Aplikasi Blynk

AC didalam ruangan dapat dikontrol dari jarak jauh secara manual melalui *smartphone* dengan cara menghubungkan jalur PCB tombol-tombol remote AC ke relay. Remote AC universal berfungsi sebagai pengatur suhu pada pendingin ruangan atau *Air Conditioner (AC)*. Agar AC bisa di ON/OFF dan diatur suhunya dari jarak jauh, maka remote AC universal harus dihubungkan ke output relay dengan cara membongkar dan menyolder jalur PCB tombol-tombol yang dibutuhkan pada remote AC. Relay akan men-switch tombol pada remote AC universal sesuai perintah yang diberikan oleh tombol button yang dipencet user pada aplikasi *blynk* seperti Gambar 19.



Gambar 19. Kotak Misting

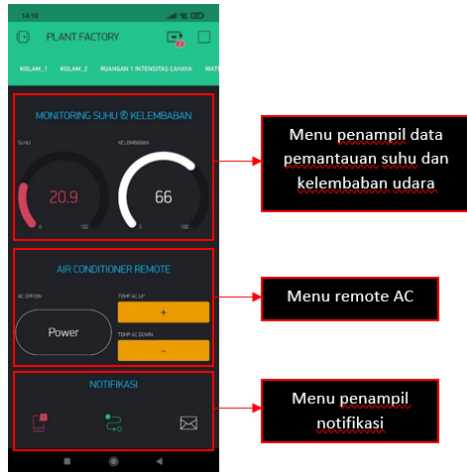
4.2 Realisasi Rancangan Perangkat Lunak

4.2.1 Arduino IDE

Arduino IDE sebagai media menulis perintah program sensor yang akan di upload ke Arduino nano dan Modul Wifi NodeMCU ESP32.

4.2.2 Aplikasi Blynk

Berikut merupakan tampilan sistem pada aplikasi *blynk* yang sudah dirancang ditunjukkan pada Gambar 20.



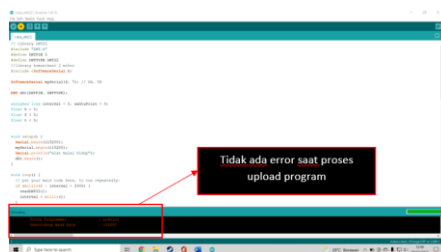
Gambar 20. Tampilan Antar Muka Sistem pada Aplikasi Blynk

4.3 Pengujian Sistem Fungsional

Pengujian fungsional bertujuan untuk mengetahui fungsionalitas dari setiap komponen yang kita gunakan, apakah bekerja sesuai dengan yang kita inginkan dan memenuhi kriteria standar.

4.3.1 Pengujian Mikrokontroler

Pengujian mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Nano dan ESP32 dilakukan menggunakan software Arduino IDE, yaitu dengan cara mengupload source code pemrograman sensor. Jika pada saat upload program tidak ada respon yang menunjukkan error atau tidak ada respon error pada koneksi antara kabel penghubung dengan Arduino nano dan ESP32 maka proses pengujian berjalan dengan baik. Proses upload ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Tampilan Proses Upload Program Tidak Ada Error

4.3.2 Pengujian Komunikasi Modul Wifi NodeMCU ESP32 dengan Aplikasi Blynk

Pengujian komunikasi yang dilakukan yaitu aplikasi Blynk dengan

ESP32 menggunakan jaringan Internet untuk melakukan pengiriman data ke server blynk. Pengujian dilakukan dengan memasukkan ssid dan password wifi yang digunakan serta auth token yang dikirim dari email agar ESP32 dengan server blynk menjadi sinkron. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 22.



Gambar 22. Koneksi Jaringan dan Server Blynk Terhubung

4.3.3 Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 bertujuan untuk menguji sensor tersebut dalam membaca nilai suhu dan kelembaban ruangan pada *plant factory* serta mengetahui akurasi pembacaan sensor terhadap besar perubahan suhu dan kelembaban yang di ukur. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor DHT22 yang terhubung pada aplikasi *blynk* dengan alat ukur Thermohygrometer digital. Thermohygrometer merupakan alat ukur suhu dan kelembaban digital yang memiliki akurasi pembacaan suhu $\pm 1^{\circ}\text{C}$ dan dapat mengukur suhu dari rentang -50°C hingga 70°C serta akurasi pembacaan kelembaban $\pm 5\%$ dengan rentang pembacaan 10% hingga 99%. Pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan satu sensor DHT22 dalam waktu 10 menit sekali selama 1 jam dari pukul 08.00 sampai 16.00 dengan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1.

Hasil Pengujian Sensor DHT22 Untuk Pembacaan Suhu

| No | Waktu Pengujian | Rata-rata Hasil Pengukuran | | Penyimpangan (%) | Rata-rata (%) |
|------------------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------|------------------|---------------|
| | | DHT22 | Thermo hygrometer | | |
| | | Suhu (°C) | Suhu (°C) | | |
| 1 | 08:00 | 19,9 | 20 | 0,5 | 0,77 |
| 2 | 08:10 | 19,7 | 19,8 | 0,5 | |
| 3 | 08:20 | 19,1 | 19,3 | 1,03 | |
| 4 | 08:30 | 19,4 | 19,2 | 1,04 | |
| 5 | 08:40 | 19,5 | 19,2 | 1,56 | |
| 6 | 08:50 | 19,7 | 19,7 | 0 | |
| 7 | 09:00 | 20,1 | 20,1 | 0 | 0,72 |
| 8 | 09:10 | 20,5 | 20,3 | 0,98 | |
| 9 | 09:20 | 20,7 | 20,6 | 0,48 | |
| 10 | 09:30 | 20,8 | 21 | 0,95 | |
| 11 | 09:40 | 20,9 | 20,8 | 0,48 | |
| 12 | 09:50 | 20,6 | 20,9 | 1,43 | |
| 13 | 10:00 | 20,3 | 20,6 | 1,45 | 0,97 |
| 14 | 10:10 | 20,9 | 20,7 | 0,96 | |
| 15 | 10:20 | 20,8 | 21 | 0,95 | |
| 16 | 10:30 | 20,5 | 20,8 | 1,44 | |
| 17 | 10:40 | 20,7 | 20,6 | 0,48 | |
| 18 | 10:50 | 19,2 | 19,3 | 0,51 | |
| 19 | 11:00 | 19 | 19,1 | 1,45 | 0,59 |
| 20 | 11:10 | 19,2 | 19,4 | 0,96 | |
| 21 | 11:20 | 19,9 | 19,7 | 0,95 | |
| 22 | 11:30 | 20 | 20 | 1,44 | |
| 23 | 11:40 | 20,1 | 20 | 0,48 | |
| 24 | 11:50 | 19,6 | 19,5 | 0,51 | |
| 25 | 12:00 | 20 | 19,7 | 1,52 | 1,44 |
| 26 | 12:10 | 20,5 | 20,4 | 0,49 | |
| 27 | 12:20 | 20,7 | 20,5 | 0,97 | |
| 28 | 12:30 | 21,1 | 20,7 | 1,93 | |
| 29 | 12:40 | 21,8 | 21,4 | 1,86 | |
| 30 | 12:50 | 22 | 21,6 | 1,85 | |
| 31 | 13:00 | 21,4 | 21,3 | 0,46 | 1,29 |
| 32 | 13:10 | 20,6 | 21 | 1,9 | |
| 33 | 13:20 | 20,5 | 20,7 | 0,96 | |
| 34 | 13:30 | 21,1 | 20,9 | 0,95 | |
| 35 | 13:40 | 20 | 20,3 | 1,47 | |
| 36 | 13:50 | 19,4 | 19,8 | 2,02 | |
| 37 | 14:00 | 20 | 19,8 | 1,01 | 1,32 |
| 38 | 14:10 | 19,3 | 19,6 | 1,53 | |
| 39 | 14:20 | 20,2 | 20 | 1 | |
| 40 | 14:30 | 20,9 | 20,3 | 2,95 | |
| 41 | 14:40 | 20,6 | 20,7 | 0,48 | |
| 42 | 14:50 | 20,4 | 20,6 | 0,97 | |
| 43 | 15:00 | 20,8 | 20,8 | 0 | 0,52 |
| 44 | 15:10 | 21 | 21,1 | 0,47 | |
| 45 | 15:20 | 21,6 | 21,7 | 0,46 | |
| 46 | 15:30 | 21,5 | 21,5 | 0 | |
| 47 | 15:40 | 21,9 | 22,2 | 1,35 | |
| 48 | 15:50 | 22,5 | 22,7 | 0,88 | |
| Rata-rata Penyimpangan Keseluruhan | | | | | 0,95 |

Penyimpangan (%)

$$= \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Pembacaan Sensor}}{\text{Pengukuran}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{20 - 19,9}{20} \right| \times 100\% = 0,5$$

Tabel 2.
Hasil Pengujian Sensor DHT22 Untuk
Pembacaan Kelembaban

| No | Waktu Pengujian | Rata-rata Hasil Pengukuran | | Penyimpangan (%) | Rata-rata (%) |
|------------------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------|------------------|---------------|
| | | DHT22 | Thermo hygrometer | | |
| | | Kelembaban (%) | Kelembaban (%) | | |
| 1 | 08:00 | 69,7 | 68 | 2,5 | 1,45 |
| 2 | 08:10 | 68,9 | 70 | 1,57 | |
| 3 | 08:20 | 67,5 | 66 | 2,27 | |
| 4 | 08:30 | 68,1 | 67 | 1,64 | |
| 5 | 08:40 | 69,3 | 69 | 1,43 | |
| 6 | 08:50 | 68,2 | 68 | 0,29 | |
| 7 | 09:00 | 69 | 72 | 4,16 | 2,55 |
| 8 | 09:10 | 70,1 | 71 | 1,26 | |
| 9 | 09:20 | 71,6 | 74 | 3,24 | |
| 10 | 09:30 | 70,4 | 73 | 3,56 | |
| 11 | 09:40 | 69 | 70 | 1,42 | |
| 12 | 09:50 | 72,2 | 71 | 1,69 | |
| 13 | 10:00 | 71,3 | 70 | 1,85 | 1,77 |
| 14 | 10:10 | 71,7 | 72 | 0,41 | |
| 15 | 10:20 | 70,9 | 67 | 5,82 | |
| 16 | 10:30 | 68,9 | 68 | 1,32 | |
| 17 | 10:40 | 67,7 | 67 | 0,59 | |
| 18 | 10:50 | 68,5 | 69 | 0,72 | |
| 19 | 11:00 | 69,5 | 69 | 0,72 | 1,7 |
| 20 | 11:10 | 70,2 | 70 | 0,28 | |
| 21 | 11:20 | 68,8 | 66 | 4,24 | |
| 22 | 11:30 | 68,2 | 67 | 1,79 | |
| 23 | 11:40 | 69,3 | 70 | 1 | |
| 24 | 11:50 | 67,5 | 69 | 2,17 | |
| 25 | 12:00 | 69,1 | 71 | 2,67 | 1,44 |
| 26 | 12:10 | 71,3 | 73 | 2,32 | |
| 27 | 12:20 | 72,2 | 73 | 1,09 | |
| 28 | 12:30 | 73,5 | 74 | 0,67 | |
| 29 | 12:40 | 75,9 | 77 | 1,42 | |
| 30 | 12:50 | 75 | 78 | 3,84 | |
| 31 | 13:00 | 74,7 | 73 | 2,32 | 2,31 |
| 32 | 13:10 | 73,8 | 71 | 3,94 | |
| 33 | 13:20 | 73 | 72 | 1,38 | |
| 34 | 13:30 | 74 | 76 | 2,63 | |
| 35 | 13:40 | 72,4 | 75 | 3,46 | |
| 36 | 13:50 | 71,9 | 72 | 0,13 | |
| 37 | 14:00 | 72,8 | 77 | 5,45 | 3,1 |
| 38 | 14:10 | 72 | 75 | 4 | |
| 39 | 14:20 | 72,5 | 76 | 4,6 | |
| 40 | 14:30 | 71,3 | 73 | 2,32 | |
| 41 | 14:40 | 70 | 71 | 1,4 | |
| 42 | 14:50 | 69,4 | 71 | 0,85 | |
| 43 | 15:00 | 72,9 | 71 | 2,67 | 2,7 |
| 44 | 15:10 | 72,6 | 70 | 3,71 | |
| 45 | 15:20 | 74,7 | 73 | 2,32 | |
| 46 | 15:30 | 73,9 | 76 | 2,76 | |
| 47 | 15:40 | 75,8 | 78 | 2,82 | |
| 48 | 15:50 | 75,5 | 77 | 1,94 | |
| Rata-rata Penyimpangan Keseluruhan | | | | | 2,2 |

Penyimpangan (%)

$$= \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Pembacaan Sensor}}{\text{Pengukuran}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{68 - 69,7}{68} \right| \times 100\% = 2,5 \%$$

Berdasarkan pengujian sensor DHT22 yang telah dilakukan dari pukul 08.00 sampai 16.00, didapatkan hasil rata-rata keseluruhan penyimpangan pembacaan suhu dan kelembaban dari DHT22 dengan thermohygrometer yaitu sebesar 0,95% untuk penyimpangan pembacaan suhu dan 2,2% untuk penyimpangan pembacaan kelembaban. Hal tersebut menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki akurasi yang baik karena masih di dalam rentang akurasi dari thermohygrometer sebagai acuan yang memiliki akurasi pembacaan suhu ±1°C dengan batas pengukuran suhu maksimum

70°C atau setara dengan 1,4% dan akurasi pembacaan kelembaban 5%.

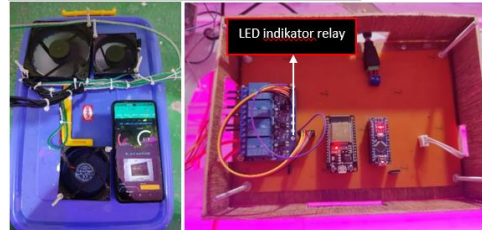
4.3.4 Pengujian Sistem Kontrol Kelembaban

Pengujian sistem kontrol kelembaban merupakan pengujian respon relay terhadap perintah yang diberikan oleh NodeMCU ESP32 dengan menghidupkan dan mematikan *ultrasonic mist maker* pada setpoint yang sudah ditentukan. Perintah yang diberikan yaitu batas bawah nilai kelembaban yang diperoleh pada referensi adalah 60%, maka perintah yang diberikan yaitu apabila kelembaban didalam ruangan terbaca 59,9 % maka relay akan aktif/ON untuk menghidupkan *Ultrasonic Mist Maker* guna melakukan pengkabutan buatan untuk menambah uap air didalam ruangan sehingga kelembaban akan tetap terjaga pada batasan yang sudah ditentukan. Sedangkan apabila kelembaban didalam ruangan terbaca 61% maka relay akan OFF/tidak aktif sehingga *Ultrasonic Mist Maker* akan OFF. Berikut hasil pengujian dari sistem kontrol kelembaban yang ditunjukkan pada Gambar 23 dan Gambar 24.



Gambar 23. Proses Pengujian Sistem Kontrol Kelembaban ketika dibawah 60%

Gambar 23 merupakan kondisi jika kelembaban dibawah 60%, maka relay dan *ultrasonic mist maker* akan hidup. Hal ini dapat dilihat dari gambar yaitu *ultrasonic mist maker* melakukan pengkabutan dengan uap air dan LED indikator pada relay menyala yang menandakan relay sedang ON.



Gambar 24. Proses Pengujian Sistem Kontrol Kelembaban ketika sudah diatas 60%

Gambar 24 merupakan kondisi jika kelembaban sudah diatas 60%, maka relay dan *ultrasonic mist maker* akan mati. Hal ini dapat dilihat dari gambar yaitu *ultrasonic mist maker* OFF dan LED indikator pada relay mati yang menandakan relay sedang OFF

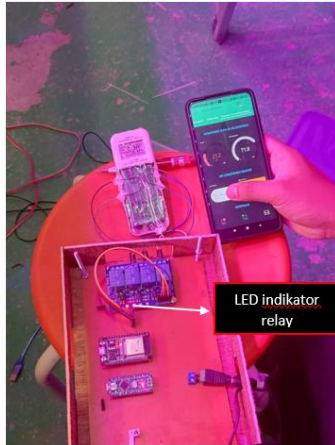
4.3.5 Pengujian Remote Air Conditioner (AC) Universal Dengan Aplikasi Blynk

Pengujian ini dilakukan menggunakan kontrol melalui aplikasi *blynk* yang berfungsi sebagai inputan untuk menyalakan remote AC universal yang terhubung ke relay. Hasil pengujian remote AC melalui aplikasi *blynk* ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Remote AC dengan Aplikasi *Blynk*

| Status Tombol Aplikasi Blynk | LED Indikator Relay | Nilai Remote AC Universal | Buzzer pada AC |
|------------------------------|---------------------|---------------------------|----------------|
| Power | ON | Hidup (suhu 20°C) | Berbunyi |
| | OFF | Mati | Berbunyi |
| Temperature Up | Menyala | 21°C | Berbunyi |
| Temperature Down | Menyala | 20°C | Berbunyi |

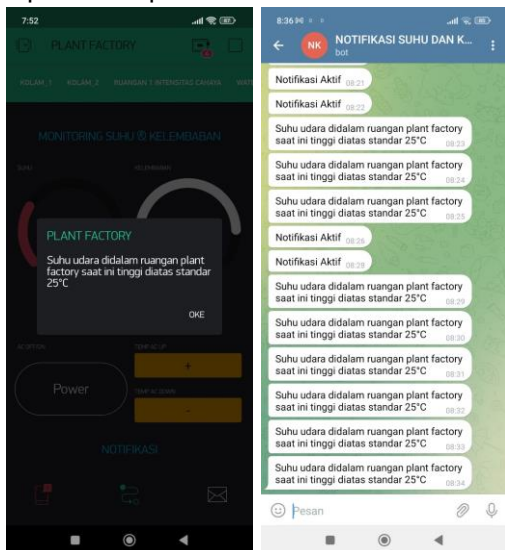
Dari hasil pengujian remote AC aplikasi pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa pengujian remote AC dengan aplikasi *blynk* sudah berhasil, dengan hasil pengujian jika LED indikator dari relay menyala ketika menekan tombol button pada aplikasi *blynk* (power ON/OFF, *Temperature Up*, dan *Temperature Down*) seperti Gambar 25 maka otomatis terjadi perubahan nilai pada remote AC universal dan *buzzer* pada AC akan berbunyi.



Gambar 25. Hasil Pengujian Remote AC dengan Aplikasi Blynk

4.3.6 Pengujian Notifikasi

Pengujian notifikasi bertujuan untuk menguji respon Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban Udara Berbasis IoT terhadap situasi ketidaknormalan yang terjadi didalam ruangan *plant factory*. Jika suhu dan kelembaban udara didalam ruangan terbaca melewati rentang dari standar yang ditentukan yaitu untuk suhu 15°C - 25°C dan kelembaban 60%-80% maka terdapat Notifikasi yang dikirimkan ke dalam dua aplikasi yaitu aplikasi *blynk* dan telegram dikarenakan pada aplikasi *blynk* hanya dapat mengirim notifikasi untuk satu device ESP32. Hasil pengujian notifikasi dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Hasil Pengujian Notifikasi Pada Aplikasi Blynk dan Telegram

4.4 Pengujian Unjuk Kerja Sistem Selama Satu Bulan Masa Tanam Selada

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem dalam memonitoring suhu dan kelembaban udara didalam ruangan *plant factory* selama satu bulan masa tanam tanaman selada dengan suhu AC didalam ruangan disetting tetap pada suhu 20°C dari proses penanaman bibit tanaman sampai masa panen tiba. Alat diletakkan ditengah-tengah ruangan seperti yang ditunjukkan Gambar 27.



Gambar 27. Posisi Peletakan Alat

Setelah diujicobakan selama satu bulan, alat masih dapat berfungsi dengan baik dengan indikator alat ini mulai merekam data selama tiga puluh hari dan melakukan penyimpanan data di *blynk cloud server* dengan baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penelitian ini telah berhasil mengimplementasikan sebuah sistem pemantauan suhu dan kelembaban udara berbasis IoT pada *plant factory*. Dari hasil uji coba alat selama satu bulan, alat masih dapat berfungsi dengan baik dengan indikator alat ini mulai merekam data selama tiga puluh hari dan melakukan penyimpanan data di *blynk cloud server* dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bagus, I., Purwania, G., Kumara, I.N.S., Sudarma, M. Application of IoT-Based System for Monitoring Energy Consumption. *Int J Eng Emerg Technol.* 2020;5(2):81–93.
- [2] Anantajaya, I.M.R.A., Kumara, I.N.S., Divayana, Y. Review Aplikasi Sensor Pada Sistem Monitoring Dan Kontrol Berbasis Mikrokontroler Arduino. 2021;8(4):171–9.
- [3] Qonit M.A.H, A.A Fauzi dan SM. Review: Pemanfaatan Teknologi Plant Factory untuk Budidaya Tanaman Sayuran di Indonesia. *J Agrotek Indones.* 2018;3(1):44–50.
- [4] Andika, I.K.A., Setiyo, Y, Budisanjaya, I.P.G. Analisis Iklim Mikro di dalam Sungkup Plastik pada Budidaya Tanaman Selada Keriting (*Lactuca sativa* var. *crisp* L). *J BETA (Biosistem dan Tek Pertanian).* 2018;7(1):177.
- [5] Adimihardja, S.A., Hamid, G., Rosa, E. Pengaruh Pemberian Kombinasi Kompos Sapi dan Fertimix terhadap Pertumbuhan dan Produksi Dua Kultivar Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) dalam Sistem Hidroponik Rakit Apung. *J Pertan.* 2013;4(1):6–20.
- [6] Efendi, Y. Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *J Ilm Ilmu Komput.* 2018;4(2):21–7.
- [7] Agung Made Yoga Mahaputra, Putu Raka Agung, L.J. GPS Tracker Berbasis Mikrokontroler dan Aplikasi Android. 2019;18(3).
- [8] Prafanto, A., Budiman, E., Widagdo, P.P., Putra, G.M, Wardhana, R. Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis. *JTT (Jurnal Teknol Ter.* 2021;7(1):37.
- [9] Risanty, R. dkk. Rancang Bangun Sistem Pengendalian Listrik Ruangan Dengan Menggunakan Atmega 328 Dan Sms Gateway Sebagai Media Informasi. *J Sist Inf.* 2017;7(2):1–10.
- [10] Prayudha, J., Nofriansyah, D. Implementasi Metode Fuzzy Logic Dengan Algoritma Mamdani Untuk Sistem Kendali Air Conditioner Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Rev 3. 2018;17(1):8–18.
- [11] Iswahyudi, D., Anshory, I., Jamaaluddin, J. Rancang Bangun Alat Pengontrol Kelembaban Udara Pada Budidaya Jamur Menggunakan Arduino Uno Dan Ultrasonik Mist Maker. *J Elektron List Telekomun Komputer, Inform Sist Kontrol.* 2020;2(1):28–37.
- [12] Siswanto, Ikin Rojikin, Windu Gata. Pemanfaatan Sensor Suhu DHT-22, Ultrasonik HC-SR04 Untuk Mengendalikan Kolam Dengan Notifikasi Email. *J RESTI (Rekayasa Sist dan Teknol Informasi).* 2019;3(3):544–51.
- [13] Harir, R., Novianta, M.A., Kristiyana, D.S. Perancangan Aplikasi Blynk Untuk Monitoring dan Kendali Penyiraman Tanaman. *J Elektr Vol 6 Nomor 1, Juni 2019, 1-10 [Internet].* 2019;6:1–10. Tersedia pada: <https://www.99.co/blog/indonesia/harga-pompa-air-mini/>
- [14] Dwiyatno, S., Sulistiyono, S., Arrojab, M.F., Rakhmat, E. Rancang Bangun Prototype Gateway Menggunakan Radio Frequency Identification Berbasis Arduino. *J Ilm Sains dan Teknol.* 2021;5(2):1–8.