

Rancang Bangun Prototipe *Smart Greenhouse* Berbasis IoT Untuk Mengontrol Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah (*Allium Ascalonicum L*)

Muhammad Brian Fatkhul Yaqin^{1*}, Bagus Setya Rintyarna¹, Herry Setyawan³

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata no 49, Jember 68121, Indonesia
E-mail: Briyanambulu88@gmail.com

Naskah Masuk: 25 Juli 2023; Diterima: 19 Maret 2024; Terbit: 31 Maret 2024

ABSTRAK

Abstrak - Jumlah penduduk yang terus bertambah setiap tahunnya mengakibatkan kebutuhan akan bawang merah juga semakin meningkat sehingga petani harus terus meningkatkan produksi bawang merah baik dalam aspek kuantitas maupun kualitas. Agar dapat tumbuh dengan baik, bawang merah harus ditanam pada suhu dan kelembaban tanah yang sesuai. Pemberian nutrisi dan obat (fungisida) juga akan berpengaruh penting terhadap keberhasilan pertumbuhan bawang merah. Namun sering kali petani bawang merah dihadapkan pada beberapa masalah yang muncul seperti cuaca ekstrim yang berdampak buruk pada pertumbuhan tanaman bawang merah. Selain itu pemberian nutrisi dan obat yang tidak teratur dan tidak terkontrol juga mengakibatkan tanaman bawang merah tidak tumbuh dengan baik sehingga produksi semakin menurun. Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan prototipe *smart greenhouse* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk sistem monitoring dan kontrol pertumbuhan tanaman bawang merah. Pada *greenhouse* ini, aktivitas pengontrolan suhu, penyemprotan, pengairan, dan pemberian obat dapat dilakukan secara otomatis sehingga mempermudah pekerjaan para petani bawang merah. Komponen yang dipakai pada sistem yaitu mikrokontroler arduino dan ESP32, sensor DHT22 sebagai pengatur suhu, sensor soil moisture YL-69 sebagai pengontrol kelembaban tanah, sensor pH tanah untuk mengontrol nutrisi yang ada pada tanah, RTC DS3231 untuk penjadwalan penyemprotan, dan servo sg-90 untuk pemberian obat, dan seluruh data dapat diakses melalui aplikasi Blynk. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa error sensor DHT22 memiliki rata rata 0,5%, error soil moisture berada pada nilai 0,8% dan error pada sensor pH berada pada nilai 0,36%. Hal ini mengindikasikan bahwa prototipe *greenhouse* untuk bawang merah dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: Bawang Merah, *Smart Greenhouse*, *Internet of Things*, Prototipe

ABSTRACT

Abstract - The increasing population every year results in an increasing demand for red onions, so farmers must continuously increase the production of red onions in both quantity and quality. For optimal growth, red onions must be planted in suitable soil temperature and humidity. The provision of nutrients and medicine (fungicide) also significantly affects the success of red onion growth. However, red onion farmers often face various problems such as extreme weather conditions that negatively impact the growth of red onion plants. Moreover, irregular and uncontrolled nutrient and medicine application also results in poor red onion growth, leading to declining production. Based on these issues, this research develops a prototype *smart greenhouse* based on the *Internet of Things* (IoT) for monitoring and controlling the growth of red onion plants. In this *greenhouse*, activities such as temperature control, spraying, irrigation, and medicine application can be automated, thus facilitating the work of red onion farmers. The components used in the system are Arduino and ESP32 microcontrollers, DHT22 sensor for temperature regulation, YL-69 soil moisture sensor for soil humidity control, soil pH sensor to monitor soil nutrients, DS3231 RTC for spraying scheduling, and SG-90 servo for medicine application. All data can be accessed through the Blynk application. System testing results show that the DHT22 sensor error has an average of 0.46%, soil moisture error is at 0.74%, and pH sensor error is at 0.36%. This indicates that the prototype *greenhouse* for red onions can function effectively.

Keywords: Shallot, *Smart Greenhouse*, *Internet of Things*, Prototipe

Copyright © 2024 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang tidak menentu dan hujan ekstrem menyebabkan kegagalan panen pada berbagai tanaman salah satunya adalah tanaman bawang merah [1]. Bawang merah merupakan salah satu sayuran unggulan Indonesia yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan telah menjadi fokus usaha petani selama bertahun-tahun [2]. Berdasarkan rencana strategis kementerian pertanian, bawang merah termasuk dalam kelompok produk pertanian penting yang berperan sebagai pengendali inflasi, bersama dengan cabai dan bawang putih. Kelebihan bawang merah meliputi banyak manfaat, baik sebagai bumbu masakan maupun sebagai obat [3]. Selain itu, kandungan vitamin C, B6, dan B9 yang terdapat dalam bawang merah berkontribusi terhadap penyerapan zat besi dan membantu pembentukan sel darah merah, sehingga juga dapat meningkatkan kesehatan.

Bertambahnya jumlah penduduk setiap tahunnya membuat kebutuhan bawang merah menjadi semakin meningkat yang mengharuskan produksi bawang merah juga meningkat. Hingga saat ini, produksi bawang merah masih belum mencapai tingkat maksimal. Hal ini tercermin dari beragamnya cara budidaya dan lokasi penanaman bawang merah [4]. Berdasarkan informasi dari Dinas Pertanian Kabupaten Lombok Timur, budidaya bawang merah memerlukan durasi penyinaran matahari lebih dari 12 jam setiap harinya. Tanaman ini cocok untuk dibudidayakan di dataran rendah dengan ketinggian antara 0 hingga 900 meter di atas permukaan laut. Suhu yang ideal untuk perkembangan tanaman bawang merah berada dalam rentang 20°C hingga 32°C [5], sedangkan pH tanah atau tingkat keasaman yang ideal untuk pertumbuhan tanaman bawang merah yakni sekitar 5,6 – 7 [6].

Selama ini pemeliharaan bawang merah masih banyak dilakukan secara manual dengan tenaga manusia, dan sering terjadi kesalahan dalam prosesnya seperti jadwal penyiraman yang tidak tepat serta dosis obat (fungisida) yang tidak sesuai. Hal ini menjadikan pertumbuhan bawang merah kurang optimal. Disamping itu, faktor kelalaian manusia seperti malas, lupa, dan sibuk menyebabkan pemeliharaan bawang merah menjadi tidak teratur. Selain itu, pemilik atau petani bawang merah yang sedang tidak berada di lokasi juga mengakibatkan pemeliharaan bawang merah menjadi terhambat dan tidak dapat dilakukan secara intensif dan berkala, sehingga menyebabkan pemeliharaan menjadi terabaikan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibutuhkanlah sistem khusus untuk melakukan pemeliharaan bawang merah yang dapat bekerja secara *online* dan dapat dikendalikan dari jarak jauh sebagai sistem kontrol dan monitoring pertumbuhan bawang merah.

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait sistem monitoring dan kontrol berbasis *Internet of Things* untuk tanaman bawang merah. Pada penelitian Fauziah, dilakukan perancangan sistem informasi monitoring dan kontrol tanaman bawang merah dengan berbasis internet of things. Sistem yang dirancang memonitoring beberapa variabel, diantaranya yaitu kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara, dan ketinggian tandon air. Hasil penelitian yang diperoleh adalah pengintegrasian sensor dan aktuator dengan mikrokontroler telah menghasilkan suatu sistem perangkat *Internet of Things (IoT)*, yang telah bekerja dengan sangat baik dalam mengambil data dan mengirim data ke *Firestore* [7]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Saputra, dilakukan pembuatan sistem monitoring kelembaban tanah dan suhu pada greenhouse tanaman bawang merah berbasis IoT. Fitur yang terdapat pada sistem tersebut antara lain NodeMCU ESP8266 sebagai kontroler yang memiliki perangkat modul wifi serta memanfaatkan *soil moisture* sensor dan sensor DHT11 sebagai *input* dan relay sebagai *output* [8]. Penelitian lainnya yaitu yang dilakukan oleh Rima, dkk. Pada penelitian tersebut dilakukan perancangan sistem kontrol pH tanah untuk tanaman bawang merah menggunakan sensor E201-C. Hasil uji sistem secara keseluruhan menunjukkan bahwa prototipe mampu mengontrol pH tanah yang diset pada pH 5,6-7 [9].

Berdasarkan latar belakang dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan di atas maka pada penelitian ini dilakukan perancangan *smart greenhouse* berbasis IoT untuk mengontrol pertumbuhan tanaman bawang merah. *Smart greenhouse* ini dapat memantau kelembaban, suhu, pemberian obat, dan pH tanah yang dapat diakses dimanapun dan kapanpun pemilik atau petani bawang merah berada. Adanya *smart greenhouse* diharapkan juga dapat menjadikan tanaman bawang merah bisa tumbuh dengan baik dan optimal disetiap musim.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Greenhouse

Rumah kaca (*Greenhouse*) merupakan sarana pertanian yang berfungsi untuk mengatur suhu dan kelembaban agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal. Karena itu, suhu, tingkat kelembaban, dan tingkat keasaman tanah di dalam rumah kaca berbeda dengan kondisi di luar rumah kaca. Beberapa aspek yang diawasi dalam penggunaan rumah kaca meliputi suhu, kelembaban udara, penyiraman tanaman, pemupukan, dan juga sirkulasi udara [10].

2.2. Bawang Merah

Bawang merah merupakan tanaman yang sering digunakan sebagai bumbu dalam berbagai masakan di Asia Tenggara dan seluruh dunia. Di Jawa, tanaman ini umumnya disebut "brambang." Bagian yang paling sering dimanfaatkan dari bawang merah adalah umbinya, namun beberapa tradisi kuliner juga menggunakan daun dan tangkai bunganya sebagai bumbu penyedap masakan. Selain sebagai bumbu, bawang merah juga digunakan sebagai bahan dalam pengobatan tradisional. Untuk tumbuh dengan baik, bawang merah membutuhkan lebih dari 12 jam paparan sinar matahari setiap hari. Tanaman ini cocok untuk dibudidayakan di dataran rendah dengan ketinggian 0 hingga 900 meter di atas permukaan laut. Suhu optimal untuk perkembangan tanaman bawang merah berkisar antara 25 hingga 32 derajat Celsius, dan tingkat keasaman tanah yang cocok adalah sekitar 5,6 hingga 7.

Panen bawang merah biasanya dilakukan setelah mencapai usia 60-70 hari sejak ditanam. Proses panen dilakukan dengan mencabut seluruh tanaman menggunakan tangan, dan kemudian akar serta tanah di sekitarnya dibersihkan. Masa panen ini dapat diidentifikasi dari beberapa ciri, seperti ketika 60-70% leher daun mulai layu dan menguning, serta ketika umbi bawang merah yang padat mulai muncul di atas permukaan tanah dengan kulit yang berkilap [11].

2.3. Internet of Things

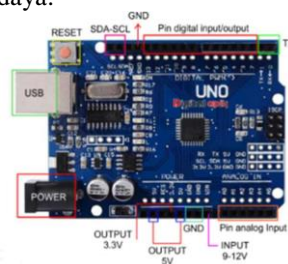
Internet of Things (IoT) adalah konsep buatan manusia yang memiliki kemampuan untuk menghubungkan benda-benda cerdas sehingga dapat saling berinteraksi baik dengan benda lain maupun dengan perangkat komputasi cerdas melalui akses internet. IoT merupakan kemajuan teknologi yang signifikan, karena memungkinkan optimasi kehidupan melalui sensor dan objek yang terhubung ke internet. Cara kerja IoT melibatkan pemberian setiap benda sebuah alamat Internet Protocol (IP). Alamat IP tersebut berfungsi sebagai identitas dalam jaringan yang memungkinkan objek tersebut dapat menerima dan mengirim perintah dari benda lain dalam jaringan yang sama. Selanjutnya, objek-objek tersebut akan terhubung ke jaringan internet melalui alamat IP mereka.

2.4. ESP32

Mikrokontroler ESP32, yang dikembangkan oleh perusahaan Espressif Systems, memiliki beberapa keunggulan yang sangat bermanfaat. Kelebihan utamanya adalah adanya banyak kanal ADC, serta sudah dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth. Hal ini sangat menguntungkan bagi pengguna yang ingin mempelajari pembuatan sistem dengan koneksi wireless. ESP32 juga memiliki kelebihan lainnya, seperti biaya yang rendah dan daya yang efisien, berkat integrasi modul Wi-Fi dan fitur Bluetooth yang hemat energi. Selain itu, ESP32 juga dilengkapi dengan mode ganda pada Bluetooth, memberikan fleksibilitas tambahan dalam penggunaannya [12].

2.5. Arduino Uno R3

Arduino Uno memiliki 14 pin input/output (I/O) digital, di mana 6 dari pin tersebut dapat digunakan sebagai output PWM, serta 6 pin lainnya dapat berfungsi sebagai input analog. Arduino Uno dilengkapi dengan koneksi USB, Power Jack, ICSP Header, Osilator Kristal 16 MHz, dan tombol reset. Dengan dukungan ini, Arduino Uno memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengontrol mikrokontroler. Untuk menyuplai daya ke Arduino Uno, pengguna dapat menghubungkannya melalui kabel power USB atau menggunakan kabel power supply adaptor AC ke DC, atau bahkan menggunakan baterai sebagai sumber daya.



Gambar 1. Arduino uno

2.6. Sensor DHT22

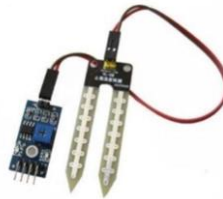
Sensor DHT22 adalah modul sensor yang dirancang untuk mengukur suhu dan kelembaban. Sensor ini menghasilkan output tegangan analog yang bisa diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Rentang pengukuran suhu dari sensor ini sangat luas, mulai dari -40 hingga 80°C, dan sensor ini dapat beroperasi dengan tegangan input antara 3,3 hingga 5V. Dengan kemampuannya yang dapat mengukur suhu dan kelembaban secara akurat, sensor DHT22 sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti di bidang pertanian, otomatisasi rumah, dan sistem pemantauan lingkungan.



Gambar 2. Sensor DHT22

2.7. Soil Moisture Sensor

Sensor kelembaban tanah (*Soil moisture sensor*) menggunakan kapasitansi untuk mengukur kelembaban tanah. Spesifikasi: Tegangan input 3.3V atau 5V, tegangan output 0 - 4.2V, dan arus 35 mA. Digunakan dalam pertanian dan irigasi otomatis.



Gambar 3. Soil moisture sensor

2.8. Sensor pH Tanah

Sensor PH tanah ini dilengkapi dengan referensi datasheet yang berisi panduan tentang cara melakukan kalibrasi dan rumus konversi nilai ADC (Analog-to-Digital Converter) ke nilai pH. pH tanah merupakan ukuran tingkat keasaman dan kebasaan suatu tanah pertanian yang ditunjukkan dalam skala 0 hingga 14. Tanah dikatakan netral saat berada pada angka 7. Tanaman dapat tumbuh subur pada tanah dengan kadar pH berkisar antara 5,6 hingga 7,5. Penggunaan sensor pH tanah ini membantu petani atau peneliti dalam mengukur dan memonitor tingkat pH tanah, yang sangat penting dalam menentukan kondisi dan kesuburan tanah untuk pertumbuhan tanaman yang optimal.



Gambar 4. Sensor pH Tanah

2.9. Blynk IoT

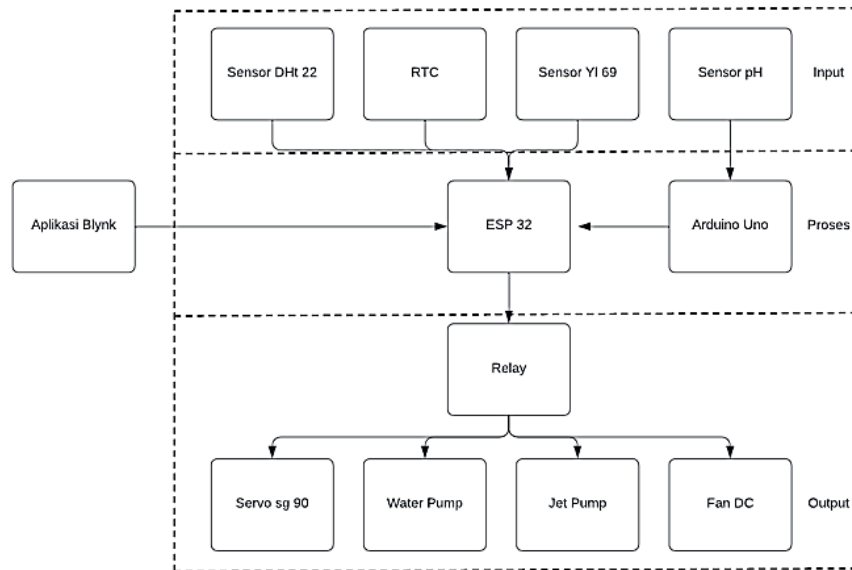
Blynk merupakan sebuah platform IoT (*Internet of Things*) yang memungkinkan Anda untuk mengendalikan dan memantau perangkat elektronik secara remote melalui ponsel pintar atau tablet. Dengan Blynk, Anda dapat dengan mudah membuat aplikasi berbasis IoT yang interaktif dan *user-friendly* tanpa perlu memiliki pengetahuan pemrograman yang rumit.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian meliputi data dan teknik pengumpulan data, model penelitian, definisi operasional variabel dan metode analisis data. Boleh menggunakan penomoran bertingkat bila perlu. Jangan lupa memberikan judul dan nomor gambar (di bawah gambar dan nomor berurut) serta judul dan nomor tabel (di atas tabel dengan nomor berurut).

3.1. Diagram Blok

Terdapat tiga bagian dalam perancangan sistem yakni *input*, proses, dan *output* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 berikut:



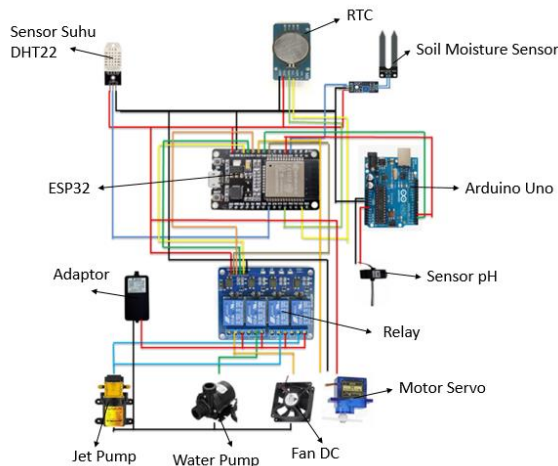
Gambar 5. Diagram blok sistem

3.2. Desain Hardware

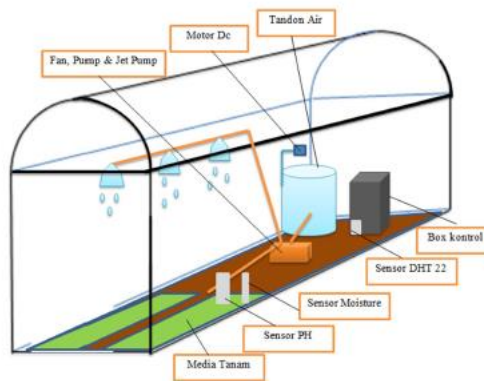
Gambar 6 merupakan desain rangkaian sistem yang dibuat dengan beberapa komponen antaralain sensor DHT22, soil moisture sensor, sensor pH tanah, water pump, jet pump, kipas dc, motor servo, esp 32, Relay, RTC, dan kabel jumper. Sistem ini berjalan menggunakan aplikasi blynk dengan cara mengontrol dan memonitoring data pada alat tersebut. Spesifikasi dari alat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat

No	Parameter	Keterangan
1	Arduino	7 – 12 V
2	Modul RTC	3 -5 V
3	ESP 32	3,3 V
4	Soil Moisture Sensor	5 V
5	DHT22	5 V
6	Sensor pH Tanah	5 V
7	Motor Servo	5 V
8	Jet Pump	12 V
9	Water Pump	12 V
10	Kipas Angin DC	12 V
11	Adaptor	220 V



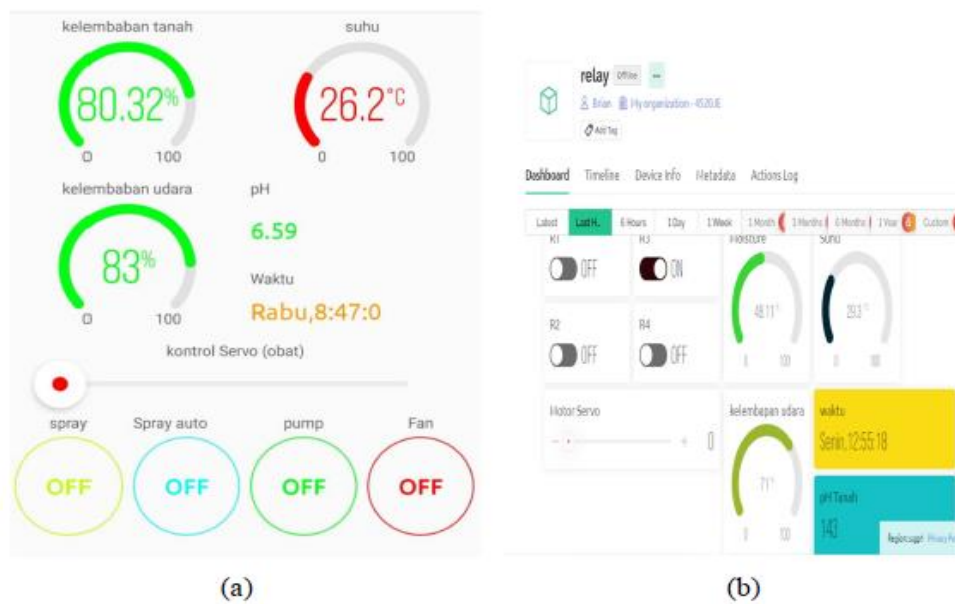
Gambar 6. Skema Rangkaian Alat



Gambar 7. Desain alat

3.3. Desain Software

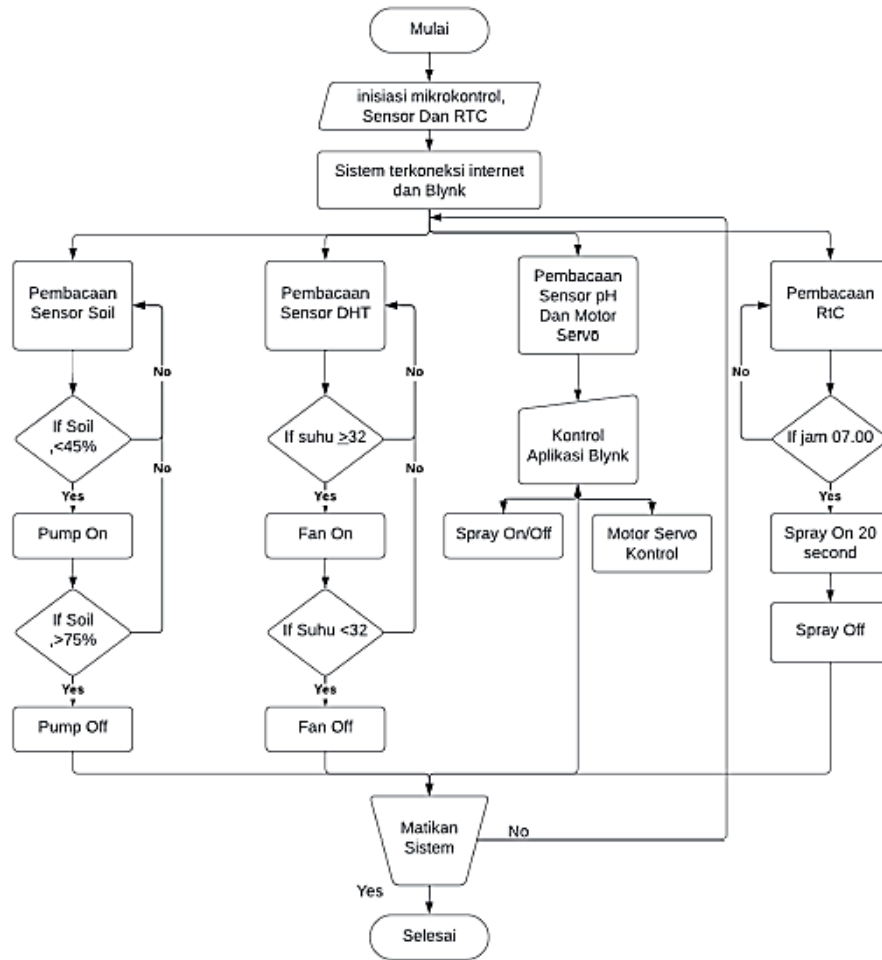
Tampilan software ini berfungsi sebagai pemantauan pada nilai kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara dan juga pH tanah menggunakan aplikasi yang ada pada android maupun laptop yang terkoneksi dengan jaringan internet. Perubahan pada nilai nilai tersebutlah yang akan ditampilkan pada monitor dan ditampilkan real time pada aplikasi. Selain melakukan pemantauan aplikasi ini juga bisa digunakan sebagai pengendali seperti motor servo, penyemprotan, pengairan sekaligus kipas angin dc yang pada dasarnya ada yang dilakukan secara otomatis maupun ada yang kendali manual melalui aplikasi.



Gambar 8 (a) Tampilan Aplikasi IOS (b) Tampilan Aplikasi Web

3.4. Cara Kerja Alat

Gambar 9 di bawah ini adalah proses cara kerja dari sistem dengan persiapan mikrokontrol, sensor dan rtc, kemudian dilanjutkan dengan sistem yang terkoneksi ke aplikasi blynk melalui koneksi internet. Blynk memonitoring sensor soil, suhu, pH, rtc dan juga servo motor. Pada sensor kelembaban jika soil berada dibawah 45% maka akan mengaktifkan pum jika tidak pump tetap dalam keadaan mati, jika soil berada diatas 75% maka jika semulanya pump on maka pump akan off. Untuk sensor suhu jika suhu berada diatas 32 maka akan mengaktifkan kipas dan jika berada dibawahnya maka kipas tidak akan hidup atau mati. Rtc mengset waktu pada jam 07.00 jika kondisi memenuhi maka akan menghidupkan jet pum selama 20 detik diluar waktu itu tidak akan terjadi penyemprotan otomatis. Sensor pH hanya akan memonitoring dan dilakukan tindakan manual begitupun untuk servo motor. Pengoffan sistem dilakukan secara manual jika tidak dioffkan maka sistem akan terus berjalan.



Gambar 9. Flowchart cara kerja alat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perakitan Alat

Gambar 10 (a) merupakan sebuah wadah dari sistem kontrol dan monitor dari *smart greenhouse* yang dihasilkan pada penelitian ini. Pada wadah ini terdapat mikrokontrol Arduino uno R3 dan juga Esp 32 sekaligus adaptor dan sumber tegangan Ac, sebuah RTC, Relay, dan sensor suhu DHT 22. Gambar 10 (b) menunjukkan hasil perancangan prototipe *smart greenhouse*. Penanaman bawang merah pada *smart greenhouse* ini dilakukan denagan jarak tanam sekitar 15x15 cm. Kondisi dalam *smart greenhouse* tidak akan terkena hujan yang lebat dan air hanya akan merembes dari luar sehingga air yang masuk akan sedikit dan tanaman tidak akan terkena guyuran air hujan. Jadi penanaman pada setiap musimpun dapat dilakukan pada *greenhouse* ini.



Gambar 10. Hasil perancangan (a) Box kontrol, (b) Prototipe *smart greenhouse*

4.2. Hasil Perancangan Software

Gambar 11 di bawah ini merupakan tampilan dari *software* untuk *smart greenhouse* yang dihasilkan pada penelitian ini. *Software* ini berfungsi sebagai pemantau nilai kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara dan juga pH tanah menggunakan *software* Blynk yang ada pada android maupun laptop yang terkoneksi dengan jaringan internet. Perubahan pada nilai-nilai tersebut akan ditampilkan pada monitor dan ditampilkan secara *real time* pada *software*. Selain digunakan untuk melakukan pemantauan, *software* ini juga dapat digunakan sebagai pengendali seperti motor servo, penyemprotan, pengairan sekaligus kipas angin dc sehingga nantinya selain dapat dilakukan secara manual, pengendalian juga dapat dilakukan secara otomatis.



Gambar 11. Tampilan hasil perancangan *software* untuk *smart greenhouse*

4.3. Pengujian Mikrokontrol dan IoT

Pengujian ini dilakukan guna mendapat apakah mikrokontrol dapat bekerja dengan semestinya terhadap koneksi pada aplikasi maupun aktuator. Pengujian dilakukan dengan membuat sensor bekerja sesuai parameter yang diatur kemudian jika kondisi memenuhi maka akan ditulis 1 dan 0 sebagai logika On/Off.

Tabel 2. Hasil pengujian mikrokontroler dan IoT

No	Input					Output								Keterangan
	Sensor pH	RTC	Sensor Soil	Sensor suhu	Servo Motor	Jet Pump		Water Pump		Fan		Servo		
						On	Off	On	Off	On	Off	On	Off	
1	0	0	0	0	0		√	√		√		√		Berhasil
2	0	0	0	0	1		√	√		√		√		Berhasil
3	0	0	0	1	0		√	√	√			√		Berhasil
4	0	0	0	1	1		√	√	√			√		Berhasil
5	0	0	1	0	0	√	√			√		√		Berhasil
6	0	0	1	0	1	√	√			√		√		Berhasil
7	0	0	1	1	0	√	√		√			√		Berhasil
8	0	0	1	1	1	√	√		√			√		Berhasil
9	0	1	0	0	0	√		√		√		√		Berhasil
10	0	1	0	0	1	√		√		√		√		Berhasil
11	0	1	0	1	0	√		√	√			√		Berhasil
12	0	1	0	1	1	√		√	√			√		Berhasil
13	0	1	1	0	0	√		√		√		√		Berhasil

No	Input					Output				Keterangan				
	Sensor pH RTC	Sensor Soil	Sensor suhu	Servo Motor	Jet Pump		Water Pump		Fan		Servo			
					On	Off	On	Off	On			Off	On	Off
14	0	1	1	0	1	√		√		√	√	Berhasil		
15	0	1	1	1	0	√		√		√		√	Berhasil	
16	0	1	1	1	1	√		√		√		√	Berhasil	
17	1	0	0	0	0		√		√		√		√	Berhasil
18	1	0	0	0	1		√		√		√		√	Berhasil
19	1	0	0	1	0		√		√	√			√	Berhasil
20	1	0	0	1	1		√		√	√			√	Berhasil
21	1	0	1	0	0		√	√			√		√	Berhasil
22	1	0	1	0	1		√	√			√	√		Berhasil
23	1	0	1	1	0		√	√		√			√	Berhasil
24	1	0	1	1	1		√	√		√			√	Berhasil
25	1	1	0	0	0	√			√		√		√	Berhasil
26	1	1	0	0	1	√			√		√	√		Berhasil
27	1	1	0	1	0	√			√	√			√	Berhasil
28	1	1	0	1	1	√			√	√			√	Berhasil
29	1	1	1	0	0	√		√			√		√	Berhasil
30	1	1	1	0	1	√		√			√	√		Berhasil
31	1	1	1	1	0	√		√		√			√	Berhasil
32	1	1	1	1	1	√		√		√			√	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terlihat bahwa dari 32 kali pengujian yang telah dilakukan, seluruhnya berhasil yang mengindikasikan bahwa tingkat keberhasilan sistem untuk bekerja sebagaimana mestinya adalah 100%.

4.4. Hasil Pengujian Sensor Suhu DHT22

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah sensor DHT22 bekerja dengan baik atau tidak. Melalui pengujian ini juga dapat diketahui apakah sensor dapat mendeteksi suhu pada media tanam yang digunakan. Suhu yang terbaca dari sensor DHT22 ini digunakan sebagai pengontrol kipas angin apakah harus hidup atau mati untuk proses pengendalian suhu. Suhu yang akan dikontrol adalah yang berada diatas 32°C. Jika suhu ≥ 32°C, maka kipas akan hidup dan menurunkan suhu yang berlebih pada media tanam agar tanaman bisa tumbuh sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui nilai error sensor DHT22 yang dipakai dengan cara membandingkan hasil pembacaan suhu dari sensor DHT22 dengan hasil pembacaan suhu dari termometer digital. Data yang akan ditampung adalah data suhu pada jam 08.00, 12.00, dan 16.00 selama 6 hari. Nilai error ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Error (%) = \left| \frac{Hasil\ ukur\ DHT22 - Hasil\ ukur\ termometer\ digital}{Hasil\ ukur\ termometer\ digital} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Hasil pengujian sensor DHT22 dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 3. Hasil ukur suhu pada *smart greenhouse*

Hari ke-	Jam pengambilan data	Hasil ukur suhu		Kondisi Fan DC	Error
		DHT22	Termometer Digital		
1	08.00	25,7 °C	25,8 °C	Mati	0,4 %
	12.00	32,5 °C	32,2 °C	Hidup	0,9 %
	16.00	30,2 °C	30,2 °C	Mati	0 %
2	08.00	26,2 °C	26,8 °C	Mati	2,2 %
	12.00	34,4 °C	34,2 °C	Hidup	0,6 %
	16.00	30,3 °C	30,2 °C	Mati	0,3 %
3	08.00	28,7 °C	28,5 °C	Mati	0,7 %
	12.00	33,6 °C	33,8 °C	Hidup	0,6 %
	16.00	30,1 °C	30 °C	Mati	0,3 %

Hari ke-	Jam pengambilan data	Hasil ukur suhu		Kondisi Fan DC	Error
		DHT22	Termometer Digital		
4	08.00	26,9 °C	26,7 °C	Mati	0,7 %
	12.00	32,4 °C	32,1 °C	Hidup	0,9 %
	16.00	29,8 °C	29,8 °C	Mati	0 %
5	08.00	25,7 °C	25,5 °C	Mati	0,8 %
	12.00	33,1 °C	33 °C	Hidup	0,3 %
	16.00	29,1 °C	29 °C	Mati	0,3 %
6	08.00	26,1 °C	26,1 °C	Mati	0 %
	12.00	32,4 °C	32,4 °C	Hidup	0 %
	16.00	29 °C	29 °C	Mati	0 %
Rata-rata Error					0,5 %

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, suhu tertinggi *smart greenhouse* yang terbaca oleh sensor DHT22 adalah 34,4°C sedangkan pada *termometer digital* adalah 34,2°C sehingga didapat *error* pengukuran sebesar 0,6%. Suhu terendah *greenhouse* yang terbaca oleh DHT22 adalah 25,7°C sedangkan oleh *termometer digital* adalah 25,5°C sehingga didapat *error* pengukuran 0,8%. Rata rata nilai *error* dari seluruh hasil pengujian yaitu 0,5%. Ketika suhu berada di bawah 32°C tanaman bawang merah menerima suhu yang cukup sehingga tidak perlu melakukan proses otomatis Fan DC. Sedangkan ketika suhu di atas 32°C maka *mikrokontrol* akan melakukan pengontrolan Fan Dc sehingga Fan DC atau kipas akan hidup hingga suhu kembali pada posisi $\leq 32^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa pengontrolan Fan DC secara otomatis berhasil dilakukan. Sensor juga dapat bekerja dengan baik dalam membaca suhu *greenhouse* dikarenakan nilai *error* berada dibawah 5%.

4.5. Hasil Pengujian Sensor Kelembaban (Sensor Soil Moisture)

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keakuratan dari sensor *soil moisture* pada tingkat kelembaban tanah pada media tanam. Sensor *soil moisture* yang digunakan pada penelitian ini yaitu Soil-YL69. Sensor ini membaca nilai kelembaban tanah yang kemudian dibandingkan dengan hasil ukur alat pengukur kelembaban sehingga nantinya dapat ditentukan *error* hasil pengukuran. Nilai *error* ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Error (\%)} = \left| \frac{\text{Hasil ukur Soil Y169} - \text{Hasil ukur alat ukur kelembaban}}{\text{Hasil ukur alat ukur kelembaban}} \right| \times 100\% \quad (2)$$

Semakin tinggi tingkat kelembaban tanah maka kadar air dalam tanah memiliki nilai yang mengandung air tinggi (tanah dalam keadaan basah). Bila tingkat kelembaban rendah maka berarti kadar air rendah (tanah dalam keadaan kering). Tingkat kelembaban ini perlu diperhatikan dalam pertumbuhan bawang merah karena menyangkut air yang akan diserap oleh bawang merah sehingga pengaturan kelembaban ini perlu untuk dilakukan. Pengambilan data kelembaban dilakukan 3 kali sehari pada jam 08.00, 12.00, dan 16.00 selama 6 hari. Berikut data kelembaban tanah yang diperoleh dari hasil pengujian kelembaban tanah:

Tabel 4. Data pengukuran kelembaban tanah pada *greenhouse*

Hari ke-	Jam pengambilan data	Hasil ukur kelembaban		Kondisi Water Pump	Error	Kelembaban Setelah Pump On
		Soil - YL69	Alat ukur kelembaban			
1	08.00	49,55%	50%	Mati	0,9%	-
	12.00	47,98%	47%	Mati	2,1%	-
	16.00	46,78%	46%	Mati	1,7%	-
2	08.00	45,78%	45%	Hidup	1,7%	80,32%
	12.00	78,9%	79%	Mati	0,1%	-
	16.00	76,63%	76%	Mati	0,8%	-
3	08.00	79,61%	79%	Mati	0,8%	-
	12.00	76,81%	76%	Mati	1,1%	-
	16.00	75,67%	76%	Mati	0,4%	-
4	08.00	75,63%	76%	Mati	0,5%	-
	12.00	72,58%	73%	Mati	0,6%	-
	16.00	70,77%	71%	Mati	0,3%	-
5	08.00	74,45%	74%	Mati	0,6%	-
	12.00	69,25%	69%	Mati	0,4%	-
	16.00	67,44%	67%	Mati	0,7%	-
6	08.00	70,33%	70%	Mati	0,5%	-

Hari ke-	Jam pengambilan data	Hasil ukur kelembaban		Kondisi Water Pump	Error	Kelembaban Setelah Pump On
		Soil - YL69	Alat ukur kelembaban			
	12.00	66,89%	67%	Mati	0,2%	-
	16.00	64,67%	64%	Mati	1,0%	-
Rata-rata error					0,8%	

Berdasarkan Tabel 4 di atas, nilai kelembaban tanah tertinggi pada *greenhouse* yang terbaca oleh sensor adalah 80,32% dengan kondisi basah. Sedangkan kondisi terkering (kelembaban terendah) berada pada nilai 45,78%. Pada kondisi ini, *water pump* secara otomatis menyala sehingga kelembaban tanah meningkat menjadi 80,32% dan tanah kembali menjadi basah. Rata-rata *error* dari hasil pengujian sensor *soil moisture* ini 0,8%. Kelembaban tanah mempengaruhi keberadaan air yang dapat diserap oleh tanaman dan mengurangi penguapan. Kondisi ini sangat mempengaruhi sekali terhadap pemanjangan sel. Kelembaban penting untuk mempertahankan stabilitas bentuk sel sehingga bawang merah bisa tumbuh dengan baik.

4.6. Hasil Pengujian Sensor pH Tanah pada *Greenhouse*

Pengujian ini bertujuan mengetahui tingkat keasaman tanah agar peneliti dapat memonitoring pH tanah pada tanaman bawang merah. Melalui hasil pengujian ini juga dapat diketahui error dari hasil pembacaan sensor pH dalam mengukur pH tanah pada *greenhouse* dengan membandingkan hasil ukur pH menggunakan sensor pH dengan hasil ukur menggunakan pH meter. Nilai error ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Error (\%) = \left| \frac{Hasil\ ukur\ sensor - Hasil\ ukur\ pH\ meter}{Hasil\ ukur\ pH\ meter} \right| \times 100\% \quad (3)$$

pH tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman bawang merah sekitar 5,6 – 7,5. Jika pH tanah berada pada posisi kurang dari 6,5 maka akan dilakukan pemupukan secara manual hal ini dilakukan agar menghemat biaya sekaligus agar dapat diketahui seberapa banyak tanaman membutuhkan pupuk untuk melakukan proses pertumbuhan. pada jam 08.00, 12.00, dan 16.00 selama 6 hari. Berikut data kelembaban tanah yang diperoleh dari hasil pengujian kelembaban tanah:

Tabel 5. Data hasil pengujian pH tanah pada *greenhouse*

Hari ke-	Jam pengambilan data	Hasil ukur pH		Error
		Sensor pH	Alat ukur pH	
1	08.00	6,59	6,6	0,2%
	12.00	6,58	6,6	0,3%
	16.00	6,56	6,6	0,6%
2	08.00	6,56	6,6	0,6%
	12.00	6,55	6,5	0,8%
	16.00	6,55	6,5	0,8%
3	08.00	6,55	6,5	0,8%
	12.00	6,54	6,5	0,6%
	16.00	6,54	6,5	0,6%
4	08.00	6,53	6,5	0,5%
	12.00	6,53	6,5	0,5%
	16.00	6,52	6,5	0,3%
5	08.00	6,52	6,5	0,3%
	12.00	6,51	6,5	0,2%
	16.00	6,51	6,5	0,2%
6	08.00	6,50	6,5	0,0%
	12.00	6,50	6,5	0,0%
	16.00	6,50	6,5	0,0%
Rata-Rata Error				0,39%

Berdasarkan hasil pengukuran pH tanah diketahui bahwa dari hari ke hari pH tanah menurun. Hal ini dikarenakan tanaman menyerap unsur hara yang ada di dalam tanah sehingga membuat pH tanah menurun. Nilai rata-rata error pada sensor pH yang digunakan untuk proses pengukuran ini adalah 0,39 %. Salah satu cara untuk meningkatkan pH tanah adalah dengan cara pemupukan. Pupuk yang digunakan pada fase vegetatif atau penumbuhan tunas adalah pupuk NPK MAGNUM yang diberikan sebanyak 3 sendok makan dan 1 sendok makan pupuk UREA DAUN BUAH yang dicampur dengan liter air untuk 30 tanaman. Sedangkan pada fase generatif pembentukan umbi menggunakan NPK MAGNUM 3 sendok makan dan 1 sendok makan pupuk NPK pak tani. Pada fase generatif

pematangan umbi menggunakan NPK MAGNUM 3 sendok makan dan 1 sendok makan pupuk PHOSKA dengan dicampur air 3 liter untuk 30 tanaman.

4.7. Pengujian Servo Sg90

Pengujian servo ini dilakukan dengan mengontrol servo melalui blynk secara manual. Saat variabel motor servo digeser ke arah penuh maka servo akan menggerakkan botol yang berisikan obat (fungisida) yang berfungsi untuk membuat tanaman lebih tahan terhadap gangguan dari penyakit sekaligus mempersubur tanaman. Ketika bulatan digeser pada posisi penuh maka servo akan menuangkan obat yang telah disetel pada bak air sehingga air akan dalam kondisi yang tercampur dengan obat. Setelah tercampur peneliti akan melakukan penyemprotan secara manual melalui aplikasi blynk dengan jeda penyemprotan sesuai yang diinginkan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa servo Sg90 dapat bekerja dengan baik.

4.8. Pengujian RTC

Dalam pengujian RTC ini apakah bisa berjalan dengan baik atau tidak untuk penggunaan sebagai alat yang akan melakukan penyemprotan yang terjadwal setiap hari pada pukul 07.00 dan berlangsung sekitar 20 detik. RTC ini akan menggerakkan jet pump untuk melakukan penyemprotan guna menghilangkan embun yang menempel.

Tabel 5. Hasil uji RTC

No	Uji Alat	Kondisi	Waktu (detik)	Hasil
1	Water jet pump (penyemprotan) Pukul 07.00	ON	20	Sesuai
2	Water jet pump (penyemprotan) Pukul selain jam 07.00	OFF	-	Sesuai

5. KESIMPULAN

Perancangan prototipe smart greenhouse berbasis IoT untuk tanaman bawang merah dibuat dengan bentuk setengah lingkaran pada atapnya dan berbentuk persegi panjang pada bagian bawah. Plastik transparan pada *greenhouse* ini berfungsi untuk menutupi keseluruhan bagian atas dan bagian bawah diberi waring sebagai ventilasi udara. Sistem IoT pada *greenhouse* ini dirancang dengan komponen sensor *soil moisture YL-69*, sensor suhu DHT22, RTC, servo, dan sensor pH tanah yang berfungsi memonitoring keadaan media tanam atau *greenhouse*. Pemrosesan sistem dilakukan dengan mikrokontrol arduino uno R3 dan ESP32 yang akan ditampilkan dan dikirim pada aplikasi blynk IoT untuk melakukan kontrol output sesuai dengan yang diinginkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *error* sensor DHT22 memiliki rata-rata 0,5%, *error* soil moisture berada pada nilai 0,8% dan *error* sensor pH berada pada nilai 0,39% dengan nilai *error* sensor dibawah 5% berarti sensor dalam keadaan baik. Pengujian mikrokontroler dan IoT menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 100%. Pengembangan alat untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan panel surya untuk menghemat penggunaan energi listrik.

REFERENSI

- [1] L. N. Zamaniah, T. Handayani, dan R. Saraswati, "Pengaruh Hujan Ekstrem Terhadap Produktivitas Bawang Merah Di Kabupaten Probolinggo Jawa Timur," in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Geografi FKIP UMP 2018*, 2018, hal. 173–183.
- [2] E. Iriani, "Prospek Pengembangan Inovasi Teknologi Bawang Merah Di Lahan Sub Optimal (Lahan Pasir) Dalam Upaya Peningkatan Pendapatan Petani," *J. Litbang Provinsi Jawa Teng.*, vol. 11, no. 2, hal. 231–243, 2013.
- [3] I. W. R. Aryanta, "Bawang Merah Dan Manfaatnya Bagi Kesehatan," *Widya Kesehat.*, vol. 1, no. 1, hal. 29–35, 2019.
- [4] B. Baswarsiati dan C. Tafakresnanto, "Kajian Penerapan Good Agricultural Practices (GAP) Bawang Merah Di Nganjuk Dan Probolinggo," *Agrika*, vol. 13, no. 2, hal. 147–161, 2019.
- [5] G. M. Putra dan D. Faiza, "Pengendalian Suhu, Kelembaban Udara dan Intensitas Cahaya Pada Greenhouse Untuk Tanaman Bawang Merah Menggunakan Internet of Things (IoT)," *Pendidik. Tambusai*, vol. 5, no. 3, hal. 11404–11419, 2022.
- [6] A. Rukmana, H. Susilawati, dan Galang, "Pencatat pH Tanah Otomatis," *J. Penelit. dan Pengemb. Tek. Elektro Telekomun. Indones.*, vol. 10, no. 1, hal. 25–32, 2019.
- [7] S. A. Fauziah, "Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Dan Kontroling Tanaman Bawang Merah Berbasis Internet of Things," Makassar: Universitas Hasanuddin, 2022.
- [8] R. Saputra, "Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dan Suhu Greenhouse Tanaman Bawang Merah Berbasis IoT," *J. Perenc. Sains Teknol. dan Komput.*, vol. 4, no. 1, hal. 981–990, 2021.
- [9] R. D. Rima, W. Wildian, dan N. Firmawati, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol pH Tanah Untuk

- Tanaman Bawang Merah Menggunakan Sensor E201-C,” *J. Fis. Unand*, vol. 7, no. 1, hal. 63–68, 2018.
- [10] Y. S. Defriyadi, “Pengendali Intensitas Cahaya, Suhu, Dan Kelembapan Pada Rumah Kaca Dengan Metode PID,” Bengkulu: Universitas Bengkulu, 2014.
- [11] F. Anisyah, R. Sipayung, dan C. Hanum, “Pertumbuhan Dan Produksi Bawang Merah Dengan Pemberian Berbagai Pupuk Organik,” *J. Online Agroekoteknologi*, vol. 2, no. 2, hal. 482–496, 2014.
- [12] A. M. Baharudin, K. Suhada, dan Y. Yudiana, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Trafo Online Menggunakan Aplikasi Whatsapp Berbasis Iot Studi Kasus Pada Gardu Induk PLN 150KV Mekar Sari,” *J. Interkom J. Publ. Ilm. Bid. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 17, no. 3, hal. 135–145, 2022.