

Otomasi Pemeliharaan Tanaman Hidroponik Sistem *Wick* Berbasis Arduino Uno

Bimo Adrian Septianto¹, Umi Salamah^{1*}, Nurcahya Pradana Taufik Prakisy²

¹Program Studi Informatika, ²Program Studi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer

Universitas Sebelas Maret Surakarta

*Email: umisalamah@staff.uns.ac.id

Info Artikel	Abstrak
Kata Kunci : hidroponik, <i>internet of things</i>, otomasi, sensor pH, sistem <i>wick</i> Keywords : <i>Automation, hydroponics, internet of things, pH sensors, wick systems</i> Tanggal Artikel Dikirim : 26 September 2024 Direvisi : 29 Oktober 2024 Diterima : 11 November 2024	Hidroponik Sistem <i>Wick</i> merupakan sistem budidaya tanaman yang mudah diterapkan karena tidak memerlukan banyak biaya dan tempat. Tantangan penggunaan sistem ini adalah pengendalian terhadap kualitas air berupa pH air, ppm air, suhu, serta kelembaban udara yang harus dilakukan secara periodik untuk menjaga kelangsungan hidup tanaman. Untuk itu pada penelitian ini akan dibangun <i>Internet of Things</i> (IoT) untuk memastikan kebutuhan pertumbuhan tersebut selalu terpenuhi dengan cara penambahan air dalam wadah dan menambahkan cairan pH <i>buffer</i> untuk mengontrol kadar pH dalam air secara otomatis dan menampilkan data dari sensor secara <i>real time</i> melalui <i>smartphone</i>. Ada tiga tahapan untuk pengembangan system pemeliharaan tanaman hidroponik dengan IoT yaitu koleksi kebutuhan sistem, desain dan implementasi menggunakan Arduino Uno, dan pengujian untuk mengembangkan sistem secara keseluruhan. Hasil pengujian menunjukkan penggunaan IoT yang diusulkan berhasil melakukan otomasi dengan tingkat akurasi pengujian pada sensor DHT11 untuk pengukuran suhu dan kelembaban masing-masing sebesar 98% dan 92%. Akurasi sensor jarak HC-SR04 dan sensor pH DFRobot V2 masing-masing sebesar 96% dan 98.6%, sehingga total akurasi sensor sebesar 96.53% selama 22 hari masa tanam. Hasil tanaman sehat diiringi dengan pertumbuhan yang bagus dan subur sampai masa panen. Abstract <i>The Wick Hydroponic System is a plant cultivation system that is easy to implement because it does not require a lot of money and space. The challenge of using this system is controlling water quality in the form of water pH, water ppm, temperature and air humidity which must be carried out periodically to maintain plant survival. For this reason, in this research, the Internet of Things (IoT) will be built to ensure that growth needs are always met by adding water to the container and adding pH buffer fluid to control the pH level in the water automatically and displaying data from sensors in real time via smartphone. There are three stages for developing a hydroponic plant maintenance system with IoT, namely collection of system requirements, design and implementation using Arduino Uno, and testing to develop the system as a whole. The test results show that the proposed use of IoT has successfully carried out automation with a test accuracy level on the DHT11 sensor for measuring temperature and humidity of 98% and 92% respectively. The accuracy of the HC-SR04 distance sensor and the DFRobot V2 pH sensor was 96% and 98.6% respectively, so that the total sensor accuracy was 96.53% during the 22 days planting period. The results of healthy plants were accompanied by good and fertile growth until harvest time.</i>

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan pangan merupakan jenis kebutuhan makan minum yang penting dan utama untuk manusia, salah satunya sayur-sayuran [1]. Tingkat produksi sayuran di Indonesia masih tergolong rendah yaitu di angka 35.30 kg/kapita/tahun pada 2010 dengan tingkat konsumsi hanya 37.30 kg/kapita/tahun. Angka itu jauh di bawah rekomendasi FAO yakni 65 kg/kapita/tahun. Banyak peluang untuk membudidayakan produksi tanaman sayuran untuk pemenuhan kebutuhan konsumsi sayuran, salah satunya tanaman sawi [2].

Pembudidayaan sawi dapat dilakukan dengan cara konvensional maupun hidroponik. Metode hidroponik dapat dilakukan tanpa media tanah yang digantikan oleh air sebagai media tanamnya sehingga bisa menjadi salah satu alternatif di tengah keterbatasan lahan pertanian [3]. Metode hidroponik memiliki kelebihan yaitu kualitas tanaman yang terjamin karena nutrisi yang terjaga dengan baik, tidak tergantung oleh situasi tertentu seperti musim atau masa panen sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan pasar [4]. Sistem *Wick* pada hidroponik sering digunakan pada pemeliharaan tanaman tergolong sederhana karena menerapkan prinsip kapilaritas untuk proses penyerapan air [5].

Pengendalian beberapa parameter dan kemudahan pemeliharaan menjadi tantangan budidaya berbasis Sistem *Wick*. Pemeliharaan tanaman sawi ini memerlukan beberapa parameter yang mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan. Nilai pH yang ideal untuk tanaman sawi berada di kisaran 6-7 dengan nutrisi berkisar 800-1000 ppm [6]. Nilai pH air dapat berubah sewaktu-waktu, sehingga harus sering melakukan pengecekan secara berkala. Ketinggian air juga berkurang seiring berjalannya waktu, karena diserap oleh tanaman [7]. Beberapa contoh pengimplementasian IoT pada hidroponik sudah dilakukan banyak peneliti. Penelitian Rusadi and Ardian [8] menggunakan radio frekuensi untuk melakukan monitoring suhu tumbuhan hidroponik berbasis IoT. Penelitian Nigel and Rahmat [9] menerapkan pemberian nutrisi secara otomatis pada tanaman hidroponik berbasis IoT. Penelitian Banjardana dkk [10] mengaplikasikan kontrol pH dan nutrisi secara otomatis pada tanaman hidroponik berbasis IoT. Harapan dari penelitian ini yaitu beberapa parameter pada sistem hidroponik ini dapat dikontrol secara otomatis dari mana saja dengan menggunakan IoT dan juga dapat menghemat waktu dan tenaga dalam budidaya hidroponik menggunakan sistem *Wick*. Pemanfaatan aplikasi *mobile* juga diharapkan dapat membantu proses monitoring mulai dari ketinggian air, nilai pH, suhu, dan juga kelembaban [11]. Namun, beberapa penelitian hanya melakukan pengendalian sebagian parameter dan tanpa menyertakan kemudahan lain seperti monitoring secara online. Penelitian Puspasari dkk [12] mengembangkan pembibitan Tomat Ceri tapi belum memanfaatkan aplikasi untuk memonitoring sistem *Wick* secara *realtime*. Pada penelitian Gunawan dkk [13] hanya melakukan penyiraman otomatis pada tanaman tomat. Penelitian Muhammad dkk [14] hanya melakukan pengukuran nilai suhu air, suhu udara, dan pH..

Untuk itu pada penelitian ini akan dilakukan proses pengaturan nilai pH, pengisian air ke dalam wadah, monitoring suhu dan kelembaban yang diperlukan oleh tanaman pakcoy dalam satu sistem IoT. Penelitian ini juga menggunakan aplikasi pada *smartphone* yang dapat memonitoring dan menampilkan informasi pH air, suhu, kelembaban, dan ketinggian air dengan sensor yang dihubungkan ke perangkat Arduino Uno R3 dan NodeMCU ESP8266. Berdasarkan informasi yang diterima oleh sensor seperti pH air, suhu, kelembaban, dan ketinggian air, sistem dapat menentukan aksi yang dilakukan seperti melakukan penambahan air dalam wadah, menambahkan cairan pH *buffer* untuk mengontrol kadar pH dalam air, dan data dari sensor dapat ditampilkan secara *real time* melalui *smartphone*.

2. METODE PENELITIAN

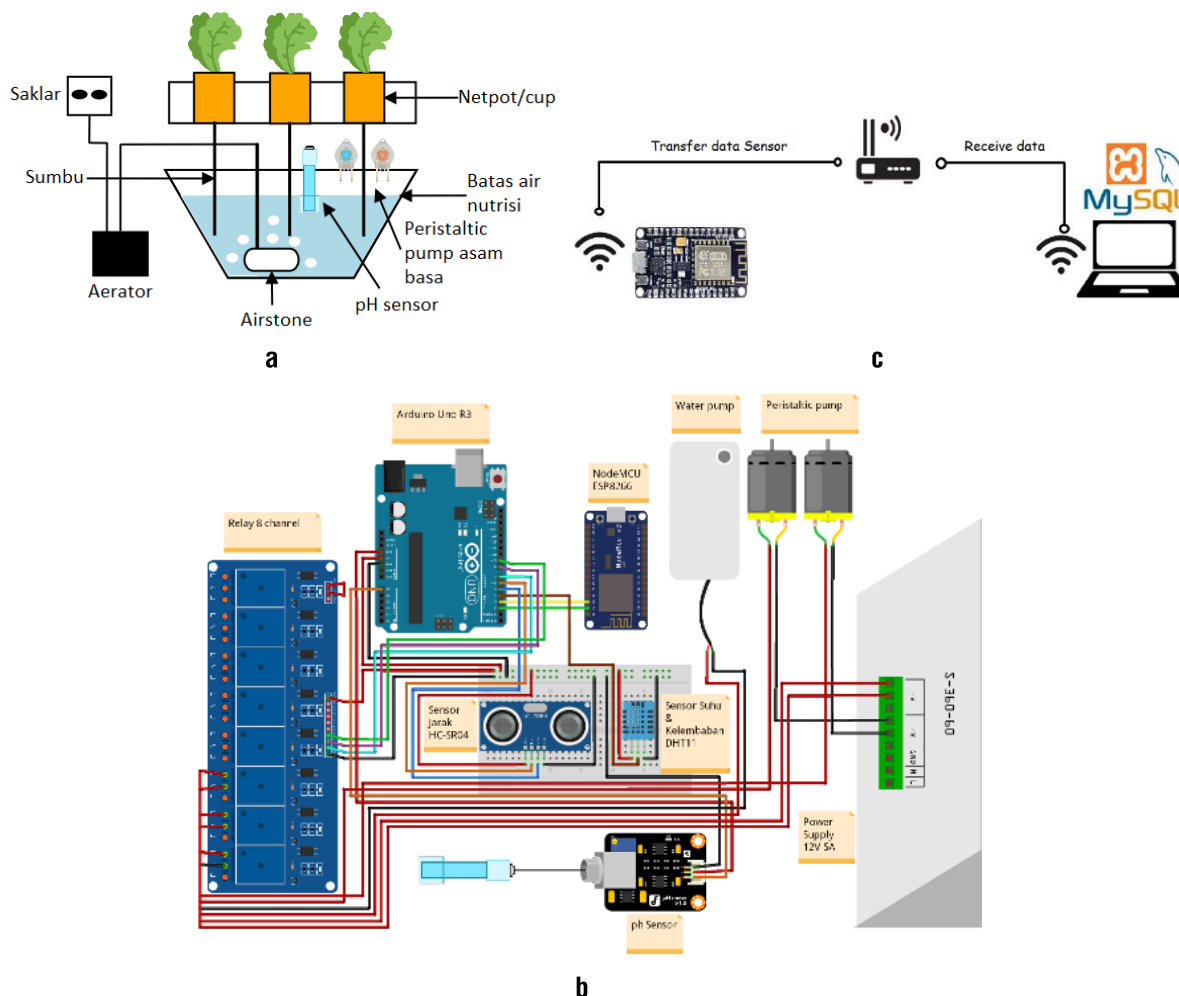
Penelitian ini dikerjakan dalam beberapa tahap, yaitu kebutuhan sistem, desain, implementasi, dan pengujian. Detail setiap tahapan dijelaskan sebagai berikut.

2.1 Kebutuhan Sistem

Tahap ini meliputi pengumpulan informasi yang diperlukan dalam pengerjaan penelitian dan menentukan kebutuhan sistem yang akan dibuat pada penelitian ini. Proses yang dilakukan dalam tahap ini yaitu survei ke lokasi budidaya tanaman hidroponik pakcoy, wawancara dengan narasumber, dan pengumpulan jurnal ilmiah, artikel maupun buku yang diperlukan untuk mendukung keberjalanan penelitian ini

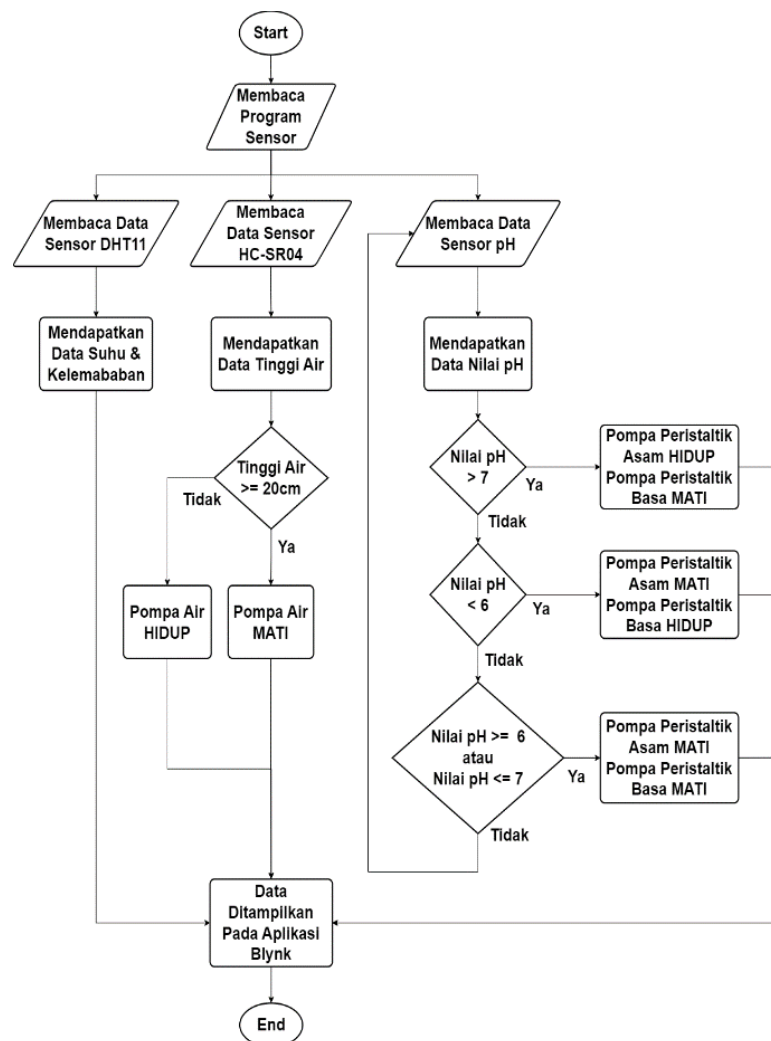
2.2 Desain

Berdasarkan proses analisa kebutuhan pada tahap sebelumnya, proses dilanjutkan dengan melakukan tahapan desain. Tahapan desain meliputi tahap perancangan prototipe dan program. Tahapan perancangan prototipe merupakan proses rangkaian alat dan arsitektur jaringan yang dibutuhkan yang nantinya akan diimplementasikan pada otomasi budidaya hidroponik. Desain arsitektur untuk sistem otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik terdapat pada Gambar 1a dan Gambar 1b. Desain untuk *network & cloud* yang digunakan dalam sistem otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik terdapat pada Gambar 1c.



Gambar 1. Desain Arsitektur Sistem : a. hidroponik, b. otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik, c. *network & cloud*

Alur kerja dari sistem otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik dijelaskan melalui *flowchart* pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart sistem

2.3 Implementasi

Pada tahap implementasi, segala perencanaan yang dilakukan pada tahapan desain direalisasikan dan diimplementasikan pada otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik. Program otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik dibangun berbasis Arduino Uno R3 dan NodeMCU ESP8266 menggunakan *software* Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C. Arduino Uno R3 digunakan karena dapat mengatur kerja semua sensor agar dapat bekerja dengan baik. Harga yang terjangkau dan dapat digunakan bahkan oleh pemula sekalipun merupakan alasan penggunaan Arduino Uno R3. NodeMCU ESP8266 digunakan karena merupakan mikrokontroler yang dapat terhubung dengan jaringan internet melalui *WiFi*, sehingga data dari sensor dapat dikirim menuju server melalui internet.

2.4 Pengujian

Tahapan pengujian otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik dilakukan untuk menguji keakuratan otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik dalam melakukan penyesuaian terhadap sistem hidroponik secara otomatis. Pengujian dilakukan dengan menguji perangkat berupa sensor dan aktuator untuk mengetahui apakah dapat bekerja dan merespon kondisi yang telah ditentukan. Tahap ini juga melakukan perbandingan nilai bacaan sensor dengan alat ukur yang tersedia. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan akurasi dan besaran nilai eror atau kesalahan pada hasil bacaan sensor.

(1) Pengujian Sensor DHT11

Sensor DHT11 perlu diuji tingkat akurasi dengan cara membandingkan hasil dari sensor DHT11 dengan hasil dari *Thermometer* dan *Hygrometer*. Sensor DHT11 sangat peka terhadap perubahan suhu sehingga dapat mendeteksi suhu pada area hidroponik [15].

(2) Pengujian Sensor Ultrasonic HC-SR04

Pengujian Sensor ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran jarak suatu benda yang diukur dengan sensor Ultrasonic HC-SR04 dengan penggaris. Penulis melakukan pengujian dengan mengisi air pada media hidroponik hingga mencapai tinggi air maksimal 22cm dan minimal 2cm [16].

(3) Pengujian Sensor pH

Sensor pH perlu dilakukan proses kalibrasi pada besaran tegangan yang dihasilkan untuk mendapatkan nilai pH 0 – 14. Proses pengkalibrasian dilakukan dengan cara membandingkan antara nilai dari sensor pH dengan pH meter dengan cara mencelupkan ke larutan pH *buffer* yang sudah memiliki nilai pH yang sesuai. Pada proses pengkalibrasian penulis menggunakan pH *buffer* dengan nilai 9,18 untuk larutan basa dan pH *buffer* dengan nilai 6,86 untuk larutan netral [17].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi dilakukan dari petani hidroponik pakcoy yang beralamat di Jl. Malabar Tengah II RT 04 RW 16 Mojosongo, Kecamatan Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah. Wawancara dilakukan secara langsung kepada ketua RT yang juga penanggung jawab pada hidroponik tersebut. Hasil wawancara sebagai berikut:

- Pakcoy yang siap pindah tanam ke dalam instalasi memerlukan nutrisi AB Mix sebesar 800 – 1000 ppm.
- Pakcoy siap pindah tanam setelah 14 – 17 hari.
- Suhu yang optimal untuk tanaman pakcoy sekitar 25 – 27°C, namun tanaman pakcoy masih tetap dapat tumbuh di atas 27°C.
- Kelembaban optimal tanaman pakcoy sekitar 60% – 70%.
- Pakcoy memerlukan sinar matahari yang cukup antara 6-8 jam sehari, setelah jangka waktu tersebut dapat memindahkan instalasi ke tempat yang lebih sejuk.
- Nilai pH optimal untuk pakcoy sebesar 6,0 – 7,0.
- Pakcoy siap untuk dipanen pada usia sekitar 4 minggu.

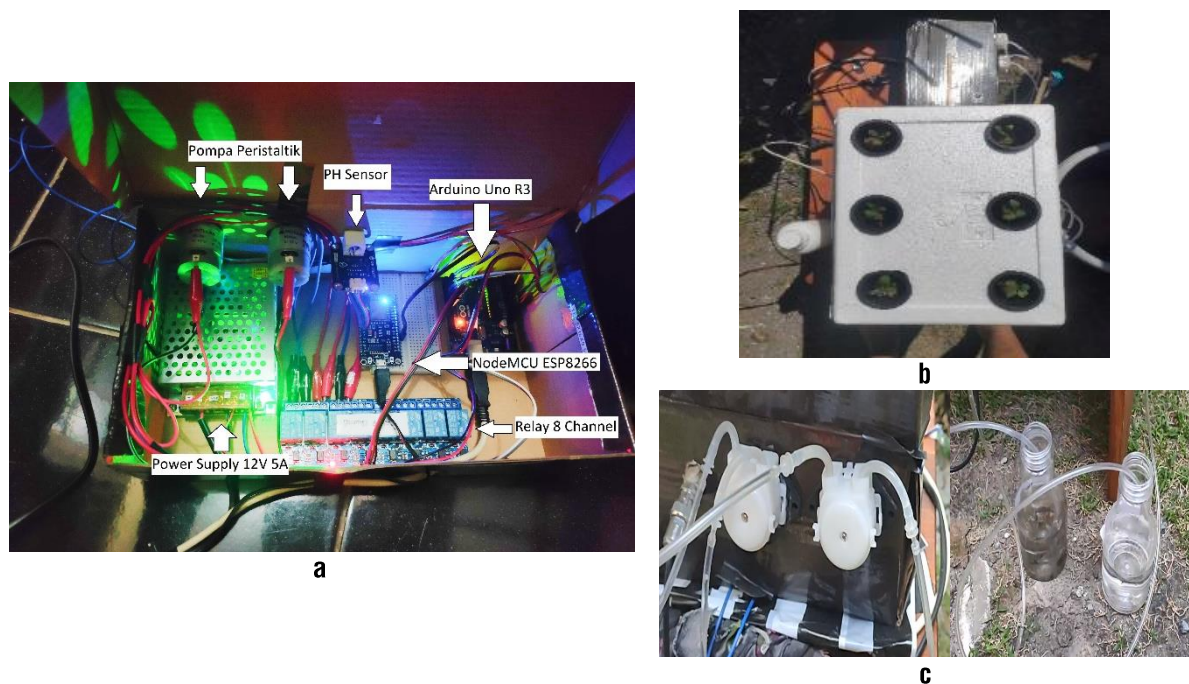
3.1 Implementasi Rangkaian Sensor

Implementasi rangkaian sensor terdiri dari pemasangan kabel pin antar sensor, pompa air, pompa peristaltik, Arduino Uno R3, dan NodeMCU ESP8266 yang sesuai dengan desain arsitektur prototipe. Arduino Uno R3, *Relay 8 channel*, pH sensor, *power supply*, pompa peristaltik, NodeMCU ESP8266 diletakkan di dalam wadah rangkaian IoT, aerator diletakkan di dekat wadah rangkaian IoT, DHT 11 diletakkan di dekat kotak tanaman pakcoy, *Ultrasonic sensor* diletakkan di dalam kotak tanaman pakcoy, dan pompa air diletakkan di dalam wadah larutan nutrisi. Seluruh rangkaian sensor yang ada harus terusun rapi di dalam wadah rangkaian IoT agar terhindar dari tetesan air nutrisi maupun air hujan [18]. Hasil implementasi rangkaian sensor ditunjukkan pada Gambar 3a.

3.2 Implementasi Hidroponik

Instalasi hidroponik dibuat dengan *box styrofoam* dengan panjang 30 cm dan lebar 25 cm, pada bagian tutup diberi lubang berukuran 2,5 cm untuk meletakkan tanaman pakcoy. *Box styrofoam* akan diisi air nutrisi secara otomatis melalui selang yang terhubung dengan wadah air nutrisi. Hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 3b.

Pada instalasi hidroponik terdapat 6 lubang dengan jarak 2 cm antar lubang untuk meletakkan tanaman. Benih pakcoy akan ditanam dengan media *rockwool* yang diletakkan di dalam netpot. Bagian dasar netpot akan diberi kain flannel dengan tujuan mempermudah penyerapan air nutrisi. Wadah ini dapat menampung air hingga ketinggian 20 cm yang bertujuan agar tanaman tidak kekurangan nutrisi karena di dalam wadah masih terdapat air nutrisi. Pompa air akan hidup ketika ketinggian air berada dibawah 20 cm dan pompa air akan mati ketika ketinggian air berada di angka 20 cm atau lebih.



Gambar 3. Implementasi Sistem: a. rangkaian sensor, b. hidroponik, c. otomasi Pompa Peristaltik

3.3 Implementasi Otomasi Pompa Peristaltik

Perangkat yang digunakan dalam proses otomasi ini berupa sensor pH, relay, 2 buah pompa peristaltik yaitu satu pompa asam dan pompa basa seperti pada Gambar 3c. Pompa peristaltik ini akan hidup dalam kondisi yang berbeda, jika sensor pH mendeteksi air nutrisi memiliki nilai pH kurang dari 6.0 maka relay yang terhubung dengan pompa asam akan mendapat *trigger* sehingga menyebabkan pompa asam hidup, sedangkan pompa basa akan hidup jika sensor pH mendeteksi nilai pH lebih dari 7.0. Kedua pompa ini akan berada dalam kondisi mati jika nilai pH berada di antara 6.0 sampai 7.0.

3.4 Implementasi Pengkodean

Pembuatan program memanfaatkan bahasa C dan PHP. *Software* pada sistem IoT menggunakan Arduino IDE dengan beberapa library seperti Library NodeMCU ESP8266, Library sensor DHT11, Library sensor jarak HC-SR04, Library Blynk ESP8266.

Terdapat 4 tahapan dalam pembuatan program otomasi pada tanaman hidroponik dalam penelitian ini menggunakan tanaman pakcoy (*Brassica rapa L.*) berbasis arduino uno menggunakan sistem *wick* sebagai berikut.

- (1) Arduino Uno R3: sebagai mikrokontroler untuk mengatur semua program setiap sensor dan aktuator yang digunakan serta memberikan *input power* yang diperlukan oleh sensor. Memanfaatkan Pemrograman Bahasa C dan menggunakan *software* Arduino IDE. Berikut kutipan *source code* dari sistem otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik ditunjukkan pada Gambar 4a.
- (2) NodeMCU ESP8266: sebagai mikrokontroler untuk menerima data dari Arduino dan mengirimkan data tersebut ke dalam database dan terkoneksi dengan aplikasi *Blynk* agar dapat di monitor melalui *smartphone*.
- (3) Database: menggunakan *database* MySQL dan *control panel* XAMPP.
- (4) Blynk: sebagai tampilan untuk monitoring pada *smartphone*. Komunikasi antara mikrokontroler dan aplikasi *Blynk* ini menggunakan *Auth Token* yang harus di sesuaikan agar dapat terhubung. Berikut kutipan *source code* untuk konfigurasi aplikasi Blynk ditunjukkan pada Gambar 4b.


```
if (phValue > 7) {  
    digitalWrite(phUp, HIGH);  
    digitalWrite(phDown, LOW);  
    // Serial.println("phDown hidup");  
} else if (phValue < 6) {  
    digitalWrite(phUp, LOW);  
    digitalWrite(phDown, HIGH);  
    // Serial.println("phUp hidup");  
} else if (phValue >= 6 & phValue <= 7) {  
    digitalWrite(phUp, HIGH);  
    digitalWrite(phDown, HIGH);  
    // Serial.println("phUp phDown mati");  
}  
}
```

```
char auth[] = "TH0rDejInAQdVgRVrJhWFFbKTcbmzxvq";  
char ssid[] = "CL";  
char pass[] = "arduinoesp";  
char server[] = "192.168.220.39";  
Blynk.begin(auth, ssid, pass, "prakitblog.com", 8181);
```

a b

Gambar 4. *Source Code* Sistem: a. Arduino Uno R3, b. Konfigurasi Aplikasi *Blynk*

3.5 Pengujian Aplikasi *Blynk*

Penggunaan Aplikasi *Blynk* bertujuan untuk monitoring pada *smartphone* selama penelitian berlangsung. Terdapat beberapa tampilan pada aplikasi *Blynk* untuk penelitian ini yaitu tampilan untuk status pompa pH dan pompa air apakah hidup atau mati, tampilan untuk monitoring (suhu, kelembaban, nilai pH, dan ketinggian air).

Pengujian aplikasi *Blynk* bertujuan untuk mengetahui kelancaran pembacaan data dari sensor yang dikirim ke aplikasi ini. Aplikasi *Blynk* seperti pada Gambar 5 menggunakan *smartphone* sebagai media pengoperasiannya sehingga mempermudah user dalam proses *monitoring*. Proses konfigurasi diperlukan untuk menghubungkan *Blynk* dengan mikrokontroler, seperti SSID, *password*, dan *Auth Token* adalah tiga parameter yang harus disesuaikan. Ketiga parameter ini diperoleh melalui *email* yang dikirimkan oleh *project* aplikasi *Blynk*.



Gambar 5. Tampilan *Blynk* pada Tab Monitoring

3.6 Database

Database yang dibuat menggunakan *MySQL* dengan *XAMPP* sebagai *control panel*. Umumnya *localhost* menggunakan *IP Address* 127.0.0.1, *localhost* hanya dapat diakses melalui *device* pribadi. Pada *database* hanya memuat 6 data saja, yaitu ID, suhu, kelembaban, ketinggian, pH, dan waktu. Tampilan data pada *Database MySQL* seperti pada Gambar 6. Setiap hari *database* dapat menerima data antara 300 sampai 350 data dalam kurun waktu 2 jam selama 22 hari.

ID	suhu	kelembaban	ketinggian	ph	waktu
6579	30.8	61	21	6.25	2022-08-19 14:40:19
6578	30.8	60	21	6.25	2022-08-19 14:40:02
6577	30.8	60	21	6.25	2022-08-19 14:39:45
6576	30.8	60	21	6.25	2022-08-19 14:39:27
6575	30.8	60	21	6.25	2022-08-19 14:39:10
6574	30.8	60	21	6.25	2022-08-19 14:38:53

Gambar 6. Tampilan Data pada Database MySQL

3.7 Pengujian Monitoring Sensor

Seluruh data dalam penelitian ini diperoleh melalui sensor yang telah dibangun berfungsi untuk pengujian otomasi dan *monitoring* hidroponik tanaman pakcoy dengan durasi 2 jam per hari dan data dikirim ke database setiap 15 detik sekali dengan total didapatkan 6579 data. Sensor-sensor pada penelitian ini akan diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy. Data yang didapat oleh sensor akan secara otomatis dikirimkan ke database MySQL. Berikut ini contoh hasil pembacaan tiap sensor pada waktu dan hari yang berbeda yang dilaksanakan tanggal 29 Juli 2022 hingga 19 Agustus 2022.

- (1) *Sensor DHT11*: Sensor ini merupakan sensor yang digunakan untuk mengetahui nilai suhu dan kelembaban udara pada hidroponik pakcoy. Data hasil pengukuran sensor DHT11 ditunjukkan pada Tabel 1.
- (2) *Sensor HC-SR04 dan Relay*: Pompa air menggunakan relay dalam pemberian daya. Pompa ini dirancang berjalan secara otomatis dengan berdasarkan parameter ketinggian air yang diterima oleh sensor HC-SR04. Data hasil pengukuran sensor HC-SR04 dan status dari pompa air ditunjukkan pada Tabel 2.
- (3) *Sensor pH dan Relay*: Pompa peristaltik asam basa menggunakan relay dalam pemberian daya. Pompa ini dirancang berjalan secara otomatis dengan berdasarkan parameter nilai pH yang diterima oleh sensor pH. Data yang diperoleh berupa nilai pH pada wadah dan status pompa peristaltik asam basa seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 1. Data hasil pembacaan Sensor DHT11

Percobaan	Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
Hari 1	12.14	31.8	54
	14.41	34.2	40
Hari 2	08.54	34.7	51
	12.21	33.8	43
...	...	...	...
Hari 21	08.10	27.6	71
	10.13	40.6	32
Hari 22	12.48	33.3	42
	14.40	30.8	61

Tabel 2. Data hasil pembacaan sensor HC-SR04

Percobaan	Waktu	Tinggi Air (cm)	Status Pompa Air
Hari 1	12.14	6	HIDUP
	14.41	21	MATI
Hari 2	08.54	19	HIDUP
	12.21	20	MATI
...	...	...	...
Hari 21	08.10	18	HIDUP
	10.13	20	MATI
Hari 22	12.48	26	MATI
	14.40	21	MATI

Tabel 3. Data hasil pembacaan sensor pH

Percobaan	Waktu	Nilai pH	Status Pompa Asam	Status Pompa Basa
Hari 1	12.14	6.97	MATI	MATI
	14.41	6.97	MATI	MATI
Hari 2	08.54	7.35	MATI	HIDUP
	12.21	6.97	MATI	MATI
...	...	...	...	...
Hari 21	08.10	5.96	HIDUP	MATI
	10.13	6.28	MATI	MATI
Hari 22	12.48	6.15	MATI	MATI
	14.40	6.25	MATI	MATI

3.8 Pengujian Pemeliharaan Tanaman Pakcoy dengan Otomasi Hidroponik

Pengujian tanaman pakcoy dimulai saat tanaman berada pada masa tanam. Hasilnya dibandingkan dengan tinggi tanaman, panjang daun, dan lebar daun yang ideal. Pengukuran hasil uji menggunakan penggaris untuk mengukur tinggi tanaman. Pengukuran tinggi tanaman dengan cara mengukur dari pangkal atau dari permukaan *rockwool* sampai ujung daun tertinggi. Pengukuran panjang daun diukur dari pangkal batang hingga ujung daun, sedangkan untuk pengukuran lebar daun diukur dari ujung samping kiri daun hingga ujung samping kanan daun. Tinggi tanaman pakcoy yang ideal saat panen berkisar antara 18 hingga 23cm [19]. Panjang dan lebar tanaman pakcoy yang ideal adalah 15 sampai 20 cm untuk panjang daun dan 6 sampai 8cm untuk lebar daun [20].

Formulasi untuk menghitung rata-rata tinggi tanaman berdasar Persamaan (1).

$$\bar{x} = \frac{\sum(\text{Tinggi Tanaman hari ke}(i) - \text{Tinggi Tanaman hari ke}(i-1))}{n} \quad (1)$$

Formulasi untuk menghitung rata-rata panjang daun tanaman berdasar Persamaan (2).

$$\bar{x} = \frac{\sum(\text{Panjang daun hari ke}(i) - \text{Panjang daun hari ke}(i-1))}{n} \quad (2)$$

Formulasi untuk menghitung rata-rata lebar daun tanaman berdasar Persamaan (3).

$$\bar{x} = \frac{\sum(\text{Lebar daun hari ke}(i) - \text{Lebar daun hari ke}(i-1))}{n} \quad (3)$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = Rata-rata pertumbuhan, $\sum$ = Jumlah hasil, n = Banyak data

Gambar 7 menunjukkan hasil panen pakcoy otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik sistem *wick*. Adapun pertumbuhan tanaman pakcoy selama masa tanam 22 hari ditunjukkan pada Tabel 4. Terlihat pertumbuhan tanaman pakcoy dengan otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik sistem *wick* mencapai ukuran optimal untuk semua kondisi jika dibandingkan dengan kondisi ideal tanaman (Tabel 5).



Gambar 7. Pakcoy hasil panen

Tabel 4. Data pertumbuhan Tanaman Pakcoy

Percobaan	Tinggi Tanaman (cm)	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)
Hari 1	6	3.5	2
Hari 2	7	4.5	2.3
Hari 3	8	5.3	2.5
...	...	...	...
Hari 20	19.5	14.5	5.9
Hari 21	20.5	15	6.1
Hari 22	21	15.6	6.8

Tabel 5. Perbandingan data pertumbuhan Tanaman Pakcoy dengan kondisi ideal

Pertumbuhan	Hasil Sistem (cm)	Kondisi Ideal (cm)
Tinggi Tanaman	21	20 – 22
Panjang Daun	15.6	15 – 20
Lebar Daun	6.8	6 – 8

Rata-rata pertumbuhan tanaman pakcoy selama 22 hari ditunjukkan pada Tabel 6. Terlihat tanaman pakcoy dengan otomatisasi pemeliharaan tanaman hidroponik sistem *wick* mempunyai rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman, panjang dan lebar daun masing-masing sebesar 0.71 cm, 0.58 cm, dan 0.23 cm per hari.

Tabel 6. Data rata-rata pertumbuhan Tanaman Pakcoy

Percobaan	Rata-Rata Pertumbuhan (cm)		
	Tinggi Tanaman	Panjang Daun	Lebar Daun
Hari 2 - Hari 1	1	1	0.3
Hari 3 - Hari 2	1	0.8	0.2
...	...	...	...
Hari 21 – Hari 20	1	0.4	0.2
Hari 22 – Hari 21	0.5	0.1	0.7
Rata-Rata	0.71	0.58	0.23

3.9 Pengujian Akurasi Kerja Sensor

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui seberapa besar tingkat akurasi sensor dan aktuator yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno R3 dengan alat ukur manual dari masing-masing parameter yang diuji. Pengujian-pengujian tersebut dilakukan beriringan dengan masa tanam dari tanaman pakcoy yaitu selama 22 hari mulai tanggal 29 Juli 2022 hingga 19 Agustus 2022.

Rumus untuk menghitung nilai eror sensor menggunakan Persamaan (4).

$$Error(\%) = \frac{Selisih\ Pengukuran}{Nilai\ Alat\ Konvensional} \times 100 \quad (4)$$

- (1) **Akurasi Sensor DHT11:** Pengujian akurasi sensor DHT11 dengan Termometer-Higrometer. Data hasil pengujian akurasi suhu sensor DHT11 ditunjukkan pada Tabel 7. Terdapat 22 data suhu yang dibandingkan dengan data pengukuran menggunakan termometer digital, diperoleh hasil bahwa eror tertinggi dalam pengukuran yaitu sebesar 5.1% dan terendah yaitu 0.7%. Rata-rata eror yang didapatkan yaitu 2%, sehingga akurasi pengukuran suhu sensor DHT11 sebesar 98%. Eror pengukuran suhu untuk sensor DHT11 berkisar antara 1-7% [21]. Secara akurasi, sensor DHT11 untuk pengukuran suhu dikategorikan tinggi.

Tabel 7. Pengujian akurasi suhu Sensor DHT11

Percobaan	Suhu (°C)		Selisih (°C)	Error (%)
	DHT11	Termometer		
Hari 1	31.8	31.5	0.3	1
Hari 2	34.7	34.4	0.3	0.9
Hari 3	38	37.7	0.3	0.8
...	...	...	...	...
Hari 20	26.2	25.9	0.3	1.2
Hari 21	27.6	27.3	0.3	1.1
Hari 22	33.3	33	0.3	0.9
Rata-Rata Error				2

Data hasil pengujian akurasi kelembaban sensor DHT11 ditunjukkan pada Tabel 8. Ada 22 data kelembaban yang dibandingkan dengan data pengukuran menggunakan higrometer digital, diperoleh hasil bahwa error tertinggi dalam pengukuran sebesar 26% dan terendah 0%. Rata-rata error yang didapatkan sebesar 8%, sehingga akurasi pengukuran kelembaban sensor DHT11 sebesar 92%. Error pengukuran kelembaban untuk sensor DHT11 berkisar antara 5-11% [22]. Secara akurasi maka sensor DHT11 untuk pengukuran kelembaban dikategorikan tinggi.

Tabel 8. Pengujian akurasi kelembaban Sensor DHT11

Percobaan	Kelembaban (%)		Selisih (%)	Error (%)
	DHT11	Higrometer		
Hari 1	54	49	5	10
Hari 2	40	32	8	25
Hari 3	51	47	4	9
...	...	...	...	...
Hari 20	47	45	2	4
Hari 21	47	43	4	9
Hari 22	70	68	2	3
Rata-Rata Error				8

- (2) *Akurasi Sensor HC-SR04*: Pengujian akurasi sensor HC-SR04 atau sensor jarak dengan alat ukur jarak konvensional berupa meteran gulung. Data hasil pengujian akurasi jarak sensor HC-SR04 ditunjukkan pada Tabel 9. Ada 22 data jarak yang dibandingkan dengan data pengukuran dengan meteran gulung, diperoleh hasil bahwa error tertinggi dalam pengukuran sebesar 6% dan kesalahan terendah 0%. Rata-rata error yang didapatkan yaitu 4%, sehingga akurasi pengukuran jarak sensor HC-SR04 sebesar 96%. Error pengukuran kelembaban untuk sensor HC-SR04 berkisar 1-5% [23]. Secara akurasi maka sensor HC-SR04 untuk pengukuran jarak dikategorikan tinggi.
- (3) *Akurasi Sensor pH*: Pengujian akurasi sensor pH DFRobot V2 dengan alat ukur pH konvensional berupa pH meter. Data hasil pengujian akurasi nilai pH sensor pH ditunjukkan pada Tabel 10. Terdapat 22 data nilai pH yang dibandingkan dengan data pengukuran menggunakan pH meter, diperoleh hasil bahwa error tertinggi dalam pengukuran sebesar 3.2% dan error terendah 0%. Rata-rata error yang didapatkan yaitu 1.4%, sehingga akurasi pengukuran nilai pH sensor pH DFRobot V2 sebesar 98.6%. Rata-rata selisih nilai pH dari pembacaan sensor pH dan PH meter sebesar 0.09. Toleransi selisih pengukuran sensor pH masih di bawah batas toleransi pembacaan sensor pH DFRobot yaitu sebesar 0.1[24]. Secara akurasi maka sensor pH DFRobot V2 untuk pengukuran nilai pH dikategorikan tinggi.

Tabel 9. Pengujian akurasi jarak Sensor HC-SR04

Percobaan	Jarak (cm)		Selisih	Error (%)
	HC-SR04	Meteran Gulung		
Hari 1	21	21	0	0
Hari 2	20	19	1	5
Hari 3	20	20	0	0
...	...	...	...	...
Hari 20	20	20	0	0
Hari 21	20	19	1	5
Hari 22	21	20	1	5
Rata-Rata Error			4	

Tabel 10. Pengujian akurasi nilai pH Sensor pH

Percobaan	Nilai pH		Selisih	Error (%)
	Sensor pH	pH Meter		
Hari 1	6.9	6.8	0.1	1.5
Hari 2	6.9	6.7	0.2	3.0
Hari 3	7.0	6.8	0.2	2.9
...	...	...	...	...
Hari 20	6.2	6.1	0.1	1.6
Hari 21	6.2	6.2	0	0.0
Hari 22	6.2	6.2	0	0.0
Rata-Rata Selisih Nilai pH			0.09	
Rata-Rata Error			1.4	

Dari keseluruhan pengujian sensor DHT11, HC-SR04, dan sensor pH terhadap alat pengukuran konvensional diperoleh hasil akurasi keseluruhan mencapai 96.53%. Berikut data hasil akurasi keseluruhan sensor yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengujian akurasi keseluruhan Sensor

Nama Sensor	Error Pengukuran (%)	Akurasi (%)
DHT11 (Suhu)	2	98
DHT11 (Kelembaban)	8	92
HC-SR04	4	96
pH DFRobot V2	1.4	98.6
Total Akurasi		96.53

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik dengan sistem wick pada tanaman pakcoy yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Otomasi Pemeliharaan Tanaman Hidroponik Sistem *Wick* Berbasis Arduino Uno yang diusulkan mampu melakukan budidaya tanaman hingga masa panen tiba dengan kondisi tanaman sehat dan segar.

Akurasi kerja sensor yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno R3 dengan alat ukur manual dari masing-masing parameter diuji selama masa tanam. Hasil akurasi pengujian pada sensor DHT11 diperoleh untuk pengukuran suhu sebesar 98% dan untuk kelembaban sebesar 92%. Pada sensor jarak HC-SR04, akurasi pengukuran jarak sebesar 96%. Pada sensor pH DFRobot V2 akurasi pengukuran nilai pH sebesar 98.6%. Total akurasi keseluruhan sensor yang digunakan sebesar 96.53%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan Hibah Riset Grup, dengan Nomor Kontrak: 228/UN27.22/PT.01.03/2023, sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Suarsana, "Ketahanan Pangan Berbasis Adat (Tantangan Penanganan Covid-19 Di Bali)," *Pros. Webinar Nas. Univ. Mahasarakswati Denpasar 2020*, Nov. 2020, Accessed: Jul. 25, 2023. [Online]. Available: <https://e-journal.unmas.ac.id/index.php/webinaradat/article/view/1210>
- [2] K. Munthe, E. Pane, and E. L. Panggabean, "Budidaya Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Pada Media Tanam Yang Berbeda Secara Vertikultur," *Agrotekma J. Agroteknologi Dan Ilmu Pertan.*, vol. 2, no. 2, p. 138, Jun. 2018, doi: 10.31289/agr.v2i2.1632.
- [3] F. Husnaeni and M. R. Setiawati, "Azotobacter, Kandungan N, Dan Hasil Pakcoy Pada Sistem," *J. Biodjati*, p. 9, 2018.
- [4] E. Tando, "Review: Pemanfaatan Teknologi Greenhouse Dan Hidroponik Sebagai Solusi Menghadapi Perubahan Iklim Dalam Budidaya Tanaman Hortikultura," *Buana Sains*, vol. 19, no. 1, p. 91, Oct. 2019, doi: 10.33366/bs.v19i1.1530.
- [5] N. Narulita, S. Hasibuan, and R. M. Ch, "Pengaruh Sistem dan Konsentrasi Nutrisi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa* L.) Secara Hidroponik," vol. 15, no. 3, p. 10, 2019.
- [6] V. Rimbawani, E. Y. S. W, and L. Sania, "Budidaya Tanaman Sawi Dengan Metode Hidroponik," *J. Abdi Bhayangkara*, vol. 2, no. 01, Art. no. 01, Nov. 2020.
- [7] D. Komaludin, "Penerapan Teknologi Internet of Thing (IoT) pada bisnis budidaya tanaman Hidroponik sebagai langkah efisiensi biaya perawatan," *Pros. FRIMA Festiv. Ris. Ilm. Manaj. Dan Akunt.*, no. 1, pp. 682–690, Feb. 2018, doi: 10.55916/frima.v0i1.255.
- [8] A. Rusadi and Z. Ardian, "Implementasi Radio Frekuensi untuk Memonitoring Suhu Tumbuhan Hidroponik Berbasis IoT," *J. Inform. Comput. Sci.*, vol. 10, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2024, doi: 10.33143/jics.v10i1.3919.
- [9] M. Nigel and B. Rahmat, "Monitoring dan Kontrol Nutrisi Hidropoik Berbasis IoT dengan Metode IT2FL," *J. Inform. Dan Rekayasa Elektron.*, vol. 7, no. 1, pp. 161–173, May 2024, doi: 10.36595/jire.v7i1.1186.
- [10] A. Banjardana, T. Andriani, P. A. Topan, and N. Aryanto, "Prototipe Sistem Monitoring dan Kontrol Ph Serta Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis lot Untuk Pertanian," *J. Inform. Teknol. Dan Sains Jinteks*, vol. 6, no. 3, Art. no. 3, Aug. 2024, doi: 10.51401/jinteks.v6i3.4341.
- [11] M. Z. W. Yudhistira and J. Aprilio, "Analisis Pemanfaatan Teknologi Mikrokontrolerarduino Dalam Membantu Pemeliharaan Tanaman Sayur Pada Mediatanam Hidroponik | Seminar Nasional Sistem Informasi (SENASIF)," Apr. 2022, Accessed: Oct. 29, 2024. [Online]. Available: <https://jurnalfti.unmer.ac.id/index.php/senasif/article/view/372>
- [12] I. Puspasari, Y. Triwidyastuti, and H. Harianto, "Otomasi Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri," *J. Nas. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf. JNTETI*, vol. 7, no. 1, Mar. 2018, doi: 10.22146/jnteti.v7i1.406.
- [13] R. Gunawan, T. Andhika, Sandi, and F. Hibatulloh, "Monitoring System for Soil Moisture, Temperature, pH and Automatic Watering of Tomato Plants Based on Internet of Things," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali Dan Elektron. Terap.*, vol. 7, no. 1, pp. 66–78, 2019, doi: 10.34010/telekontran.v7i1.1640.
- [14] V. Yusuf Muhammad, A. Ma'arif, and S. Sunardi, "Purwarupa Alat Ukur Kandungan pH, Suhu Air dan Suhu Udara pada Pertanian Hidroponik," *J. Ilm. Teknol. Pertan. Agrotechno*, vol. 5, no. 2, pp. 81–87, 2020.
- [15] A. A. Imansyah, M. Syamsiah, and M. Jakaria, "Rancang Bangun Prototype Sistem Otomatis dalam Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis IoT (Internet Of Things)," *J. Innov. Res. Agric.*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2022, doi: 10.56916/jira.v1i1.97.
- [16] F. Rozie, I. Syarif, M. U. H. Al Rasyid, and E. Satriyanto, "Sistem Akuaponik untuk Peternakan Lele dan Tanaman Kangkung Hidroponik Berbasis IoT dan Sistem Inferensi Fuzzy," *J. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, p. 157, Feb. 2021, doi: 10.25126/jtiik.0814025.
- [17] P. Denanta Bayuguna Perteka, I. N. Piarsa, and K. S. Wibawa, "Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Aeroponik Berbasis Internet of Things," *J. Ilm. Merpati Menara Penelit. Akad. Teknol. Inf.*, p. 197, Oct. 2020, doi: 10.24843/JIM.2020.v08.i03.p05.

- [18] T. Widodo, A. B. Santoso, S. I. Ishak, and R. Rumeon, "Sistem Kendali Proporsional Kualitas Air berupa Ph dan Suhu pada Budidaya Ikan Lele Berbasis IoT," *J. Edukasi Dan Penelit. Inform. JEPIN*, vol. 9, no. 1, p. 59, Apr. 2023, doi: 10.26418/jp.v9i1.59607.
- [19] A. Santoso and N. Widyawati, "Pengaruh Umur Bibit terhadap Pertumbuhan dan Hasil Pakcoy (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*) pada Hidroponik NFT," *Vegetalika*, vol. 9, no. 3, Art. no. 3, Aug. 2020, doi: 10.22146/veg.52570.
- [20] A. Raksun, Moh. L. Ilhamdi, I. W. Merta, and I. G. Mertha, "Vegetative Growth of Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Due to Different Dose of Bokashi and NPK Fertilizer," *J. Biol. Trop.*, vol. 20, no. 3, pp. 452–459, Nov. 2020, doi: 10.29303/jbt.v20i3.2156.
- [21] F. Puspasari, T. P. Satya, U. Y. Oktiawati, I. Fahrurrozi, and H. Prisyanti, "Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar," *J. Fis. Dan Apl.*, vol. 16, no. 1, p. 40, Feb. 2020, doi: 10.12962/j24604682.v16i1.5776.
- [22] M. Ridwan and K. M. Sari, "Penerapan IoT dalam Sistem Otomatisasi Kontrol Suhu, Kelembaban, dan Tingkat Keasaman Hidroponik," *J. Tek. Pertan. Lampung J. Agric. Eng.*, vol. 10, no. 4, p. 481, Dec. 2021, doi: 10.23960/jtep-l.v10i4.481-487.
- [23] P. S. Frima Yudha and R. A. Sani, "Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino," *Einstein E-J.*, vol. 5, no. 3, Jan. 2019, doi: 10.24114/einstein.v5i3.12002.
- [24] D. R. Wati and Walidatush, "Pengontrol pH dan Nutrisi Tanaman Selada pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino," *Multinetics*, vol. 7, no. 1, pp. 12–20, Mar. 2021, doi: 10.32722/multinetics.v7i1.3504.