

# Sistem HIPOI 1.0: Hidroponik *Indoor* Berbasis *Internet of Things* untuk Tanaman Selada dengan Teknik NFT

Musayyanah<sup>1</sup>, Harianto<sup>2</sup>, Yosef Richo Adrianto<sup>3</sup>, Hardman Budiardjo<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Komputer Fakultas Teknologi dan Informatika, Universitas Dinamika; email: [musayyanah@dinamika.ac.id](mailto:musayyanah@dinamika.ac.id), [harianto@dinamika.ac.id](mailto:harianto@dinamika.ac.id)

<sup>3,4</sup>Jurusan Teknik Desain Produk Fakultas Desain dan Industri Kreatif, Universitas Dinamika; email: [yosef@dinamika.ac.id](mailto:yosef@dinamika.ac.id), [hardman@dinamika.ac.id](mailto:hardman@dinamika.ac.id)

[Dikirimkan: 18 Januari 2024, Direvisi: 15 Mei 2024, Diterima: 27 Mei 2024 ]

Corresponding Author: Harianto

**INTISARI** — IoT merupakan salah satu istilah teknologi yang telah diterapkan di berbagai macam sektor, salah satunya adalah sektor pertanian. Hidroponik merupakan pertanian modern yang berfokus pada pertumbuhan tanaman tanpa menggunakan media tanah, yang sangat cocok diterapkan di lingkungan perkotaan. Penerapan IoT pada hidroponik dilakukan dengan sistem pemantauan dan kendali yang dapat membantu kinerja para petani hidroponik. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP 32, sensor nutrisi, sensor suhu, RTC dan platform aplikasi IoT Panel MQTT. Sistem IoT bekerja dengan dua mode yakni mode otomatis dan mode manual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor TDS bekerja secara stabil pada rentang nilai 900 ppm, rerata presentasi *error* dari sensor suhu sebesar 0,84%, Lampu *growlight* dan pompa sirkulasi bekerja sesuai dengan penjadwalan dan transmisi data ke broker dari MQTT berhasil 100%. Pengujian keseluruhan sistem berhasil 100 % ditandai dengan peningkatan pertumbuhan selada yang *significant*.

**KATA KUNCI** — Hidroponik, *Indoor*, *Internet of Things*, NFT, Selada.

## I. PENDAHULUAN

*Internet of Things* (IoT) merupakan salah satu paradigma komunikasi yang melibatkan mikrokontroler, media komunikasi *transceiver*, dan kumpulan protokol yang saling berkomunikasi [1]. IoT diterapkan di banyak sektor seperti rumah pintar, pertanian, layanan kesehatan keliling, bantuan lansia, jaringan pintar, sistem cerdas, dan manajemen lalu lintas. Selain itu, IoT mulai diterapkan di bidang Oseanografi [2]. Penerapan IoT di bidang pertanian membantu para petani lebih cerdas, lebih efisien dan terkoneksi dalam hal pemberian informasi kepada para analisis mengenai hasil panen, pemetaan tanah, aplikasi pupuk, data cuaca, kondisi perangkat dan kesehatan hewan [3]. Penelitian yang membahas IoT di bidang pertanian untuk budidaya jamur telah dilakukan oleh [4]. IoT untuk budidaya tanaman hidroponik telah ditelaah oleh [5] dan [6], dengan memantau parameter hidroponik seperti nutrisi, pH, kelembaban tanah, suhu air, cahaya UV, kadar oksigen dan karbon dioksida, serta konsumsi daya dari perangkat IoT seperti pada [7]. Perangkat keras IoTnya terdiri dari mikrokontroler seperti Arduino, ESP 8266, dan Raspberry Pi. Perangkat lunak platform IoT terdiri dari Mysql, Thingspeak, Firebase, Domoticz, and Wylodrin adjusted. Salah satu bentuk kontribusi pada artikel ini adalah membuat sistem IoT dengan perangkat ESP 32 yang terintegrasi dengan aplikasi IoT Panel MQTT, dimana metode komunikasinya menggunakan topik yang terhubung dengan broker pada aplikasi tersebut.

Hidroponik adalah metode budidaya tanaman dengan memanfaatkan air, yang memperhatikan nutrisi tanaman tanpa menggunakan media tanah [8]. Sistem Hidroponik merupakan salah satu yang ramah lingkungan, yang tidak menggunakan pestisida berlebihan. Teknik penanaman Hidroponik digolong menjadi dua yakni berbasis substrat dan kultur air. Hidroponik berbasis kultur air terdiri *Nutrient Film Technique* (NFT), *Deep Flow Technique* (DFT), dan *Floating Raft System* (FRS), Sistem Aeroponik, Sistem *Ebb Flow*, dan Sistem *Wick* [9]. Teknik DFT pernah dibahas oleh [10]. Sistem *Wick* telah diterapkan oleh [11]. Penerapan teknik hidroponik tidak boleh diterapkan sembarangan, melainkan wajib menyesuaikan jenis komoditas tanaman yang akan digunakan, kondisi lokasi pemasangan instalasi hidroponik, dan ketersediaan anggaran. Peluang sistem Hidroponik pada lahan lingkungan perkotaan, dapat mengurangi biaya distribusi hasil panen yang berdekatan dengan pemukiman. Jenis komoditas sayuran yang umum ditanam dengan hidroponik adalah selada, bayam, kangkung, seledri, tomat, dan sebagainya. Budidaya tanaman hidroponik dapat dilakukan di dalam ruang dan di luar ruang. Saat ini, tren pemasangan Hidroponik dilakukan di apartemen atau di dalam kantor.

Salah satu bentuk budidaya Hidroponik di dalam ruang adalah *Greenhouse*, yang dilengkapi dengan teknologi kendali parameter pH, suhu, nutrisi, dan cahaya dalam upaya meningkatkan hasil panen tanaman hidroponik. Sistem kendali yang diintegrasikan dengan teknologi jarak jauh telah dikerjakan pada [12]-[13]. Pada [12] membuat sistem IoT yang terdiri dari platform IoT Blynk dan ESP 8266 untuk pertumbuhan sawi dengan parameter pemantauan pH, suhu, dan level air. Penelitian tersebut tidak memaparkan hasil sistem IoT terhadap pertumbuhan sawi. Penelitian pada [14] meneliti objek tanaman selada bermedia tanah dengan parameter intensitas cahaya, kelembaban tanah, pH dan suhu ruang tanpa adanya sistem kendali dalam pemberian nutrisi. Penelitian yang dilakukan oleh Putu [15] menyimpulkan perangkat IoT yang telah dibuat berhasil mempercepat pertumbuhan swai putih, dengan teknik Aeroponik yang memanfaatkan kabut dalam proses pemberian nutrisi. Putu membutuhkan dua *resources* dengan *cost* tinggi yaitu Arduino untuk membaca data sensor dan Raspberry sebagai server aplikasi android. Pada [13] merancang *Greenhouse* untuk tanaman selada dengan media tanah menggunakan platform IoT Blynk. Berdasarkan penelitian di atas, salah satu bentuk keterbaruan dan pembeda dari artikel ini adalah memantau nutrisi, suhu, dan cahaya berdasarkan mode otomatis dengan mode penjadwalan dan mode manual, yang hanya menggunakan satu modul ESP 32 dan platform IoT Panel MQTT. Perangkat IoT pada penelitian ini, tidak membutuhkan biaya yang besar karena hanya menggunakan satu mikokontroler saja. Tampilan platform IoT yang digunakan cukup fleksibel menyesuaikan dengan inputan data sensor yang akan ditampilkan pada platform tersebut.

Faktor utama dalam hidroponik *indoor* dipengaruhi oleh pencahayaan dan pemberian nutrisi. Pencahayaan yang dimaksud adalah warna cahaya, durasi pencahayaan dan intensitas. Intensitas cahaya yang diberikan harus sesuai dengan kebutuhan komoditas tanaman yang digunakan atau memiliki karakteristik panjang gelombang yang sama dengan sinar matahari. Pada [16] memberikan

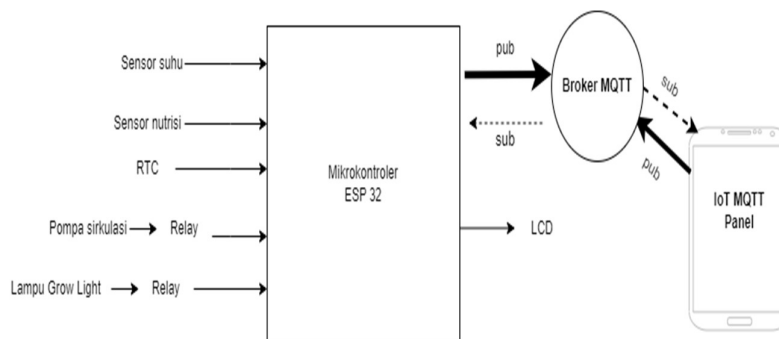
kesimpulan bahwa cahaya dari *growlight* membuat daun tanaman lebih lebat serta lebar, masa tanaman lebih berat dan batangnya lebih tinggi. Pada [17] menganalisis bahwa pengaruh dari lampu UV meningkatkan pertumbuhan sebesar 40-50%, disebabkan oleh kemampuan UV untuk mengurangi hama atau bakteri pada tanaman. Penelitian [18] juga menyimpulkan bahwa cahaya LED dapat memberikan peningkatan terhadap pertumbuhan tanaman cabai di dalam ruang. Berdasarkan penelitian di atas, penelitian ini memanfaatkan lampu *growlight* untuk pencahayaan tanaman hidroponik dalam ruang selama 12 jam.

Perancangan perangkat IoT wajib menyesuaikan dengan objek yang akan diteliti, baik itu desain perangkat keras dan perangkat lunak. Desain perangkat keras yang dibutuhkan adalah mikrokontroler, sensor, dan protokol komunikasi. Perangkat lunak digunakan untuk menampilkan data untuk analisis pertumbuhan objek. Protokol komunikasi merupakan bagian terpenting dalam perancangan sistem IoT untuk memastikan data diterima dengan baik. Saat ini, para peneliti mendesain protokol komunikasi sesuai dengan karakteristik perangkat IoT yang digunakan seperti pada [19]. *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) merupakan protokol IoT mudah diterapkan. MQTT adalah protokol yang mentransmisikan paket kecil dengan konsumsi daya rendah [20]. Penelitian ini menggunakan komunikasi dengan identitas topik dari setiap aktifitas dari pembacaan sensor baik itu monitoring dan kendali.

Kontribusi dari artikel ini terdiri dari sistem pemantauan dan sistem kendali untuk hidroponik dalam ruang. Sistem pemantauannya terdiri dari parameter kadar nutrisi suhu. Sistem kendali terhadap nyala lampu dari lampu *growlight* dan pompa sirkulasi. Sistem kendali yang dimaksud dilakukan secara otomatis sesuai penjadwalan pada modul RTC atau tanpa penjadwalan. Bentuk instalasi hidroponik dari artikel ini berbeda dengan hidroponik indoor pada penelitian-penelitian sebelumnya, dimana wadah dan instalasi pipa didesain untuk menambah kesan estetik dari sebuah ruangan sempit. Analisis pertumbuhan dari selada telah dianalisis sebagai bentuk validasi keberhasilan penerapan perangkat IoT.

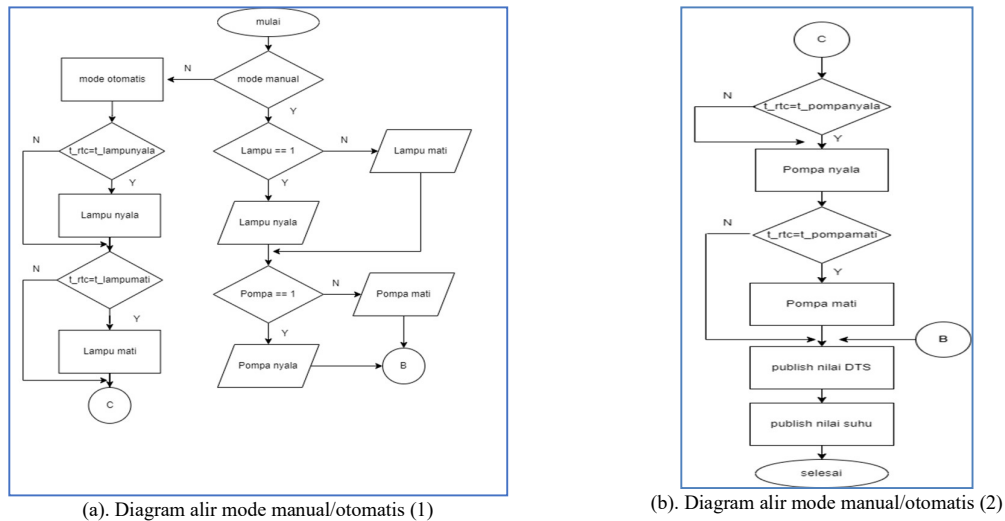
## II. METODE PENELITIAN

Perangkat keras yang digunakan pada artikel ini, ditunjukkan pada Gambar 1. Perangkat keras tersebut akan dikendalikan dari input *smart phones* menggunakan komunikasi MQTT. Rancangan perangkat keras terdiri dari input sensor yaitu sensor suhu untuk mendeteksi suhu ruang, sensor nutrisi untuk membaca kadar nutrisi, pompa sirkulasi mengalirkan cairan campuran nutrisi dengan air ke tiap-tiap rak wadah tanaman hidroponik, modul RTC digunakan untuk penjadwalan pada sistem dengan mode otomatis, serta Relay sebagai penyambung arus elektrik pada pompa dan lampu *growlight*. *Output* dari sistem ini merupakan tampilan display digital atau LCD, guna menampilkan parameter nilai sensor.



Gambar 1. Rancangan Perangkat Keras.

Sistem kontrol dilakukan pada lampu *growlight* dan pompa sirkulasi dengan 2 mode yaitu, mode manual dan mode otomatis seperti diagram alir pada Gambar 2. Pengaktifan mode dilakukan pada aplikasi IoT MQTT Panel. Mode manual artinya menyalakan lampu dan pompa dilakukan pada saat tombol nyala ditekan, sedangkan mode otomatis akan menyala sesuai penjadwalan atau pengaturan waktu pada RTC. Pengaturan waktu pada RTC dapat dilakukan pada aplikasi IoT Panel MQTT. Nilai nutrisi dan suhu hanya dipantau pada aplikasi, tidak terdapat proses kendali untuk kedua parameter tersebut.



Gambar 2. Flowchart mode manual/otomatis sistem Hidroponik indoor

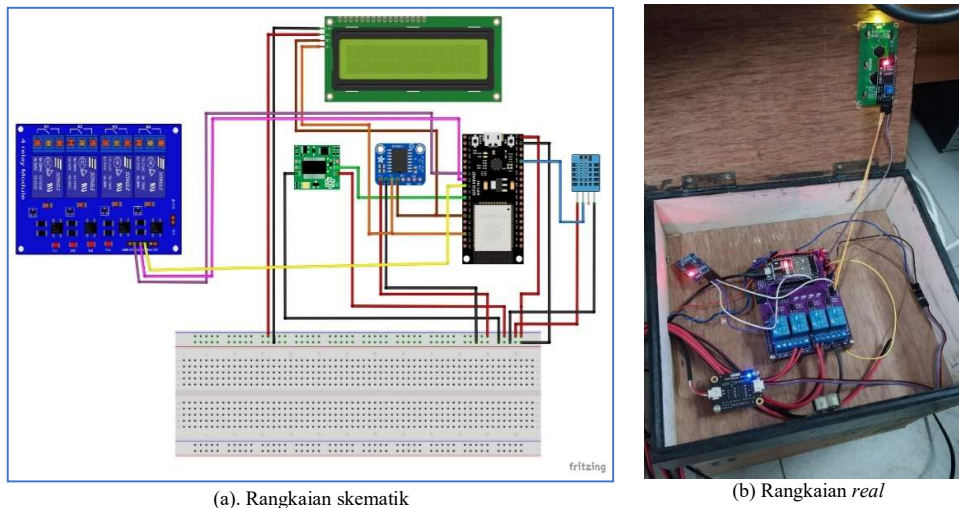
**A. RANGKAIAN SKEMATIK HIDROPONIK**

Rangkaian perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 2, dimana terdiri dari rangkaian skematik dan bentuk rangkaian nyata yang tersimpan di dalam kotak hitam. Probe dari sensor TDS, sensor suhu dan pompa sirkulasi terletak di luar kotak hitam. Modul ESP 32 beserta relay, board dari sensor TDS, RTC, dan LCD terletak di dalam kotak hitam. Sambungan pin input dan output dari mikrokontroler ESP 32 disebutkan pada Tabel 1.

TABEL I

KONEKSI PIN MIKOKONTROLER DENGAN SENSOR INPUT DAN OUTPUT

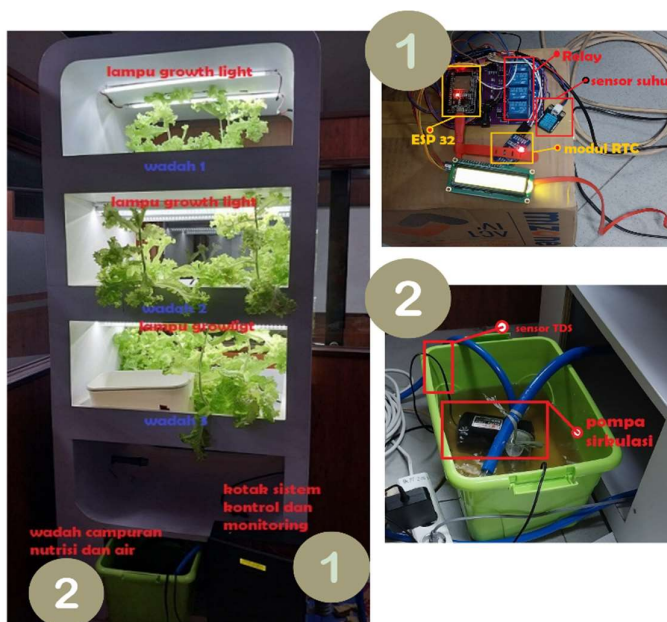
Mikrokontroler ESP 32	Sensor Suhu (DHT 11)	Sensor TDS	Pompa Sirkulasi	Lampu <i>growlight</i>
Data	GPIO 17	GPIO 36 (Analog 35)		
VCC	VCC	VCC		
GND	GND	GND		
Relay Channel 1	-	-	Relay on/off	-
Relay Channel 2	-	-	-	Relay on/off



Gambar 1. Bentuk rangkaian sistem hidroponik Indoor

**B. WADAH TANAMAN HIDROPONIK INDOOR**

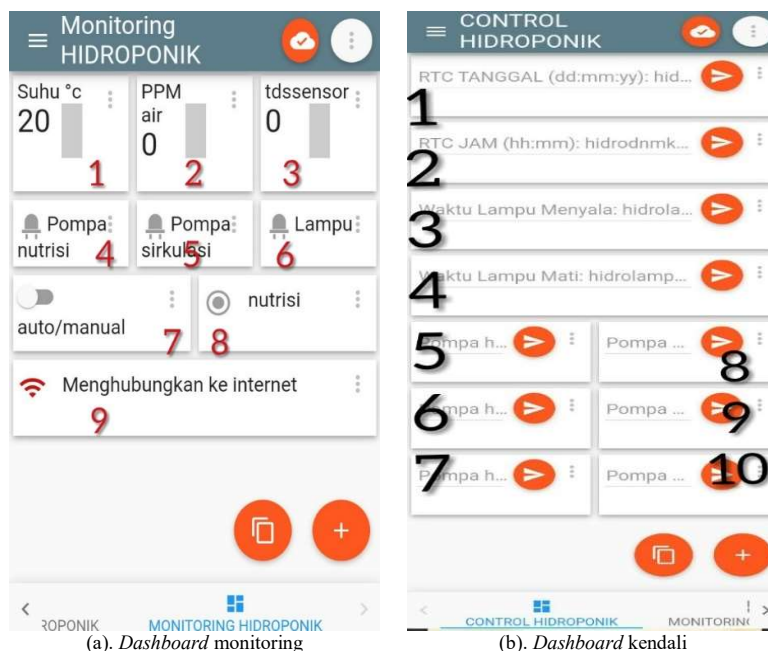
Salah satu kontribusi dari artikel ini adalah merancang sistem hidroponik *indoor*, dimana wadah dari tanaman tersebut terlihat pada Gambar 4. Wadah tersebut tersusu tiga rak dengan perairan sirkulasi vertikal. Wadah pencampuran nutrisi berada di bagian bawah rak sesuai dengan tag 1 pada Gambar 4, distribusi pencampuran nutrisinya dilakukan oleh pompa sirkulasi. Pada wadah pencampuran nutrisi terdapat pompa sirkulasi dan probe sensor TDS. Tiap rak terdapat lampu *growthlight* untuk membantu proses fotosintesis pada tanaman hidroponik. Pompa sirkulasi dan lampu *growthlight* dapat dinyalakan secara manual dengan aplikasi IoT MQTT Panel atau dinyalakan secara otomatis sesuai dengan penjadwalan pada RTC. Penuangan nutrisi pada artikel ini masih dilakukan secara manual. Keseluruhan perangkat elektronik terletak pada kota hitam dengan tag 2 pada Gambar 4.



Gambar 2. Wadah Hidroponik Indoor

**C. TAMPILAN DASHBOARD IoT MQTT PANEL**

Tampilan Aplikasi Broker MQTT untuk monitoring dan kendali parameter hidroponik tanaman dapat dilihat pada Gambar 5. Tampilan *dashboard* monitoring meliputi suhu, kadar nutrisi, nyala pompa, nyala lampu, dan pemilihan menu auto/manual. Jika mode manual diaktifkan, artinya dilakukan input kontroling secara manual pada *dashboard* kontrol hidroponik. Pada *dashboard* kontrol hidroponik terdiri dari beberapa inputan seperti tanggal jam, waktu lampu menyala, waktu lampu hidup, waktu pompa menyala, waktu pompa mati, semua parameter tersebut diatur ulang agar sistem berjalan sesuai dengan inputan pada menu *dashboard* tersebut. Setiap data sensor yang dipublish atau dikirimkan ke broker MQTT menggunakan topik tertentu seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3, sedangkan keperluan untuk kontrol di-*subscribe* sesuai topiknya dari aplikasi oleh broker untuk dieksekusi oleh perangkat.



(a). *Dashboard* monitoring

(b). *Dashboard* kendali

Gambar 3. Tampilan keseluruhan dashboard MQTT

TABEL II  
PENJELASAN MENU INPUT PADA MQTT

No.	Tipe panel	Deskripsi	Topik
1.	Text input	Mengatur tanggal . RTC (tanggal/bulan/tahun)	hidrodnmkRTCt
2.	Text input	Mengatur jam RTC (jam.menit)	hidrodnmkRTCj
3.	Text input	Menyalakan lampu sesuai waktu yang diinput	hidrolampunya
4.	Text input	Mematikan lampu sesuai waktu yang diinput	hidrolampumati
5.	Text input	Menyalakan pompa di jam yang diinput (jadwal 1)	hidropompahidup
6.	Text input	Menyalakan pompa di jam yang diinput (jadwal 2)	hidropompahidup1
7.	Text input	Menyalakan pompa di jam yang diinput (jadwal 3)	hidropompahidup2
8.	Text input	Mematikan pompa di jam yang diinput (jadwal 1)	hidropompamati
9.	Text input	Mematikan pompa di jam yang diinput (jadwal 2)	hidropompamati1
10.	Text input	Mematikan pompa di jam yang diinput (jadwal 3)	hidropompamati2

TABEL III  
PENJELASAN INPUT PADA DASHBOARD KONTROL

No.	Tipe panel	Deskripsi	Topik
1.	Vertikal meter	Monitoring suhu	hidrodnmksuhu
2.	Vertikal meter	Monitoring ppm	hidrodnmktds
3.	Vertikal meter	Monitoring nilai ADC TDS	hidrodnmkppm
4.	LED indicator	Led menyala jika relay pompa nutrisi menyala	hidrodnmkled1
5.	LED indicator	Led menyala jika relay pompa sirkulasi menyala	hidrodnmkled2
6.	LED indicator	Led menyala jika relay lampu menyala	hidrodnmkled3
7.	Switch	Mengubah mode pompa nutrisi dari auto menjadi manual	hidro_automanual
8.	Switch	Menyalakan pompa nutrisi jika berada di mode manual	hidronutrisi
9.	Switch	Menyalakan/mematikan fungsi reconnecting internet	koneksimqtt hidro

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan, artikel ini membahas terkait kinerja sensor, pengujian keseluruhan sistem dengan mode manual dan otomatis serta hasil pengamatan objek tanaman hidroponik selada dalam ruang selama 30 hari.

#### A. HASIL PENGUJIAN KINERJA PERANGKAT YANG DIGUNAKAN

Hasil pengujian perangkat keras bertujuan menganalisis perangkat sensor yang telah digunakan pada sistem hidroponik. Salah satunya adalah kinerja sensor nutrisi, sensor suhu ruang, modul RTC dan hasil pengiriman data dengan protokol MQTT. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan mode manual dan otomatis, dibarengi dengan analisis pertumbuhan dari tanaman selada.

##### 1) ANALISIS KINERJA SENSOR NUTRISI

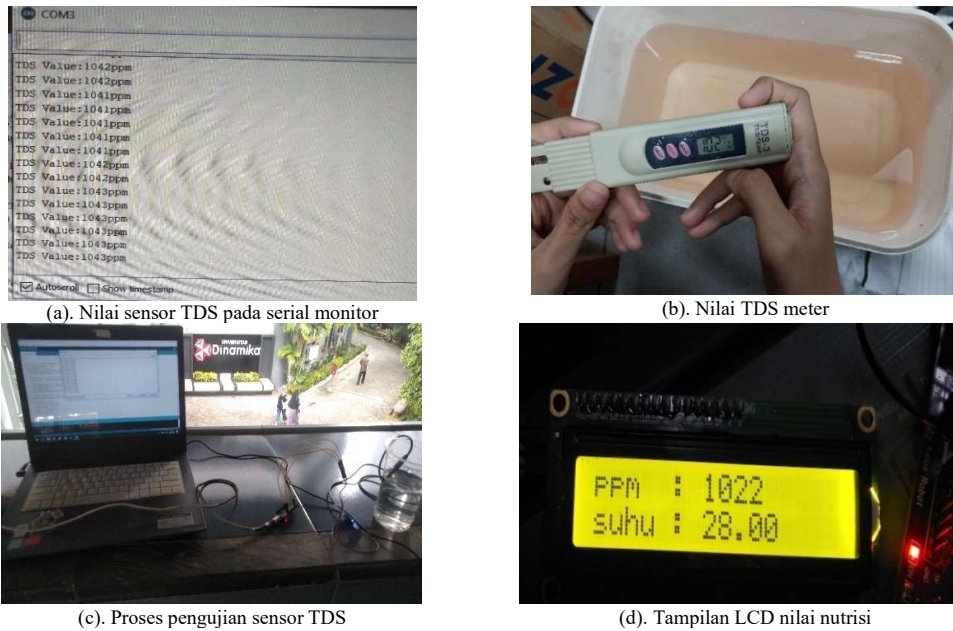
Pengujian sensor nutrisi atau *Total Dissolved Solids* (TDS) menggunakan *library* pada IDE Arduino. Luaran dari sensor TDS adalah nilai ADC yang diubah menjadi ppm, konversi tersebut bisa dilakukan dengan fungsi *map()*. Sensor TDS diuji pada larutan air murni dan campuran air mineral dengan nutrisi. Contoh program untuk fungsi *map()* seperti Gambar 6.

```
void bacatds() {
  char kirimtds[4];
  char kirimtdsl[4];
  sensor = analogRead(TDSsensor);
  //nilai adc 1, adc 2, ppm 1, ppm2
  val = map(sensor, 280, 2426, 133, 1080);
}
```

Gambar 4. Contoh fungsi map()

Parameter input dari fungsi *map()* pada pembacaan sensor TDS, membutuhkan nilai dari akurasi pembacaan nutrisi seperti TDS meter. Dengan menginputkan batas atas dan batas bawah dari nilai TDS meter terhadap air murni dengan air campuran nutrisi. Hasil fungsi *map()* dari sensor TDS dibandingkan dengan TDS meter menggunakan persamaan *error* pada (1). Hasil pengujian dilakukan dengan 30 sampel data sebanyak dua kali percobaan, untuk mengetahui kestabilan dari kinerja sensor TDS. Nilai yang didapatkan dari pengujian ini adalah rerata *error* dalam bentuk persen dan penyebaran data untuk melihat kestabilan outputan dari sensor atau *standart* deviasi.

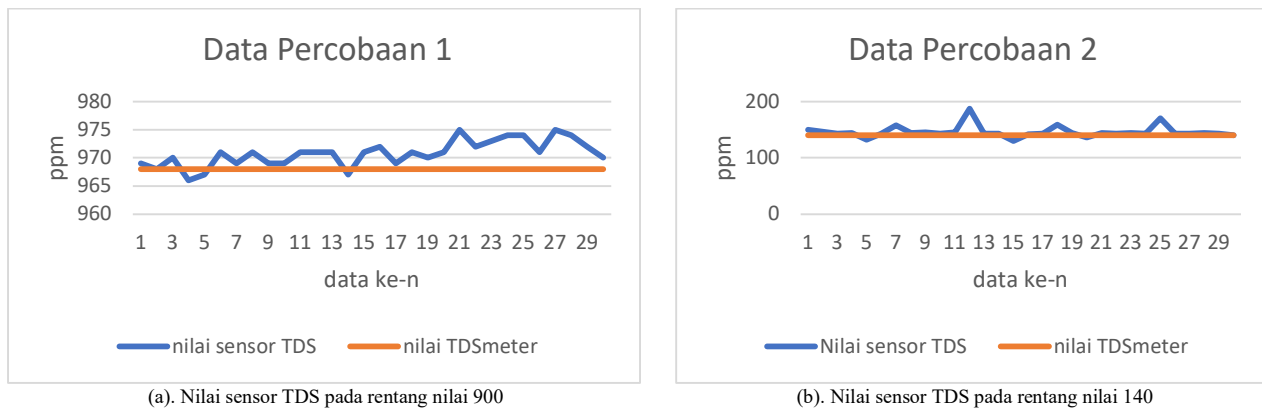
$$Error (\%) = \left\| \frac{\text{nilai sensor TDS} - \text{nilai TDS meter}}{\text{nilai TDS meter}} \right\| \times 100\% \quad (1)$$



Gambar 5. Hasil pengukuran nutrisi

Pada Gambar 7 terdapat dua kali percobaan dengan 30 data sampel. Percobaan 1 merupakan pengujian dengan nilai rentang batas bawah untuk air mineral sebesar 133 ppm dan batas atas untuk campuran nutrisi dengan air mineral sebesar 1080, kedua nilai batas tersebut berasal dari TDS meter. Kemudian masing-masing dari batas atas tersebut didapatkan nilai ADC dari sensor nutrisi sebesar 280-1080. Rerata presentase *error* dari percobaan 1 mencapai 0,3%.

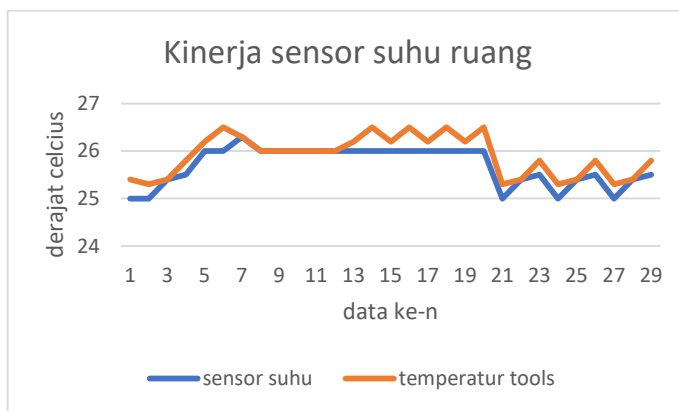
Percobaan 2 menggunakan nilai TDS meter sebesar 140 ppm, dengan output nilai ADC dari sensor TDS pada Gambar 7b. Rerata presentase *error* dari percobaan 2 sebesar 5,3%. Penyebaran data dari hasil kedua percobaan sensor TDS tersebut menunjukkan bahwa percobaan 1 lebih stabil dibandingkan dengan percobaan 2. Hal ini ditunjukkan nilai *standard deviasi* dari percobaan 1 ( $\sigma=2,3$ ) lebih kecil dibandingkan percobaan 2 ( $\sigma= 10,5$ ).



Gambar 6. Kinerja sensor TDS

2) ANALISIS KINERJA SENSOR SUHU RUANG

Sensor suhu ruang yang digunakan adalah sensor suhu DHT 11. Pembacaan data digital pada sensor suhu DHT 11 dilakukan dengan fungsi *readtemperature()*. Pengujian dilakukan satu kali percobaan dengan 30 data sampel pada Gambar 8. Rerata presentasi *error* pada percobaan sensor mencapai 0,84% dengan validator *temperature tools*. Kinerja sensor suhu dinyatakan stabil dengan nilai *standard deviasi* sebesar 0,4 ( $\sigma= 0,4$ ).



Gambar 7. Kinerja sensor suhu ruang



(a). alat ukur termometer



(b). Data sensor suhu pada aplikasi

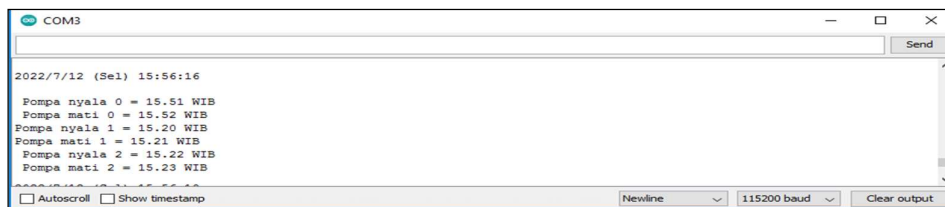
Gambar 8. Tampilan data suhu sensor dengan multimeter

### 3) ANALISIS KINERJA MODUL RTC

Pengujian modul RTC dibarengkan dengan nyala relay yang dihubungkan dengan pompa sirkulasi. Modul RTC yang digunakan tipe DS3231, merupakan modul yang menyediakan informasi waktu nyata. Pengujian ini melibatkan relay untuk mengaktifkan pompa sirkulasi sesuai penjadwalan pada RTC. Fungsi untuk mengaktifkan waktu nyata dari RTC terlihat pada Gambar 11. Data dari RTC digunakan untuk menyalakan pompa sirkulasi pada Gambar 12, sesuai dengan waktu yang ditentukan. Pompa dinyatakan aktif sesuai dengan tanggal dan waktu yang diatur pada RTC sesuai dengan tampilan serial monitor.

```
rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
// This line sets the RTC with an explicit date & time, for example to set
// January 21, 2014 at 3am you would call:
// rtc.adjust(DateTime(2014, 1, 21, 3, 0, 0));
```

Gambar 9. Fungsi mengaktifkan RTC



Gambar 10. Tampilan Serial monitor untuk Nyala pompa sirkulasi dan RTC

Pengujian RTC divalidasi dengan waktu internet seperti Gambar 13a. Hasil validasi tersebut yang terdiri dari jam, menit dan detik dengan perbedaan 3 detik dari pengujian 30 sampel data.



(a). Waktu internet

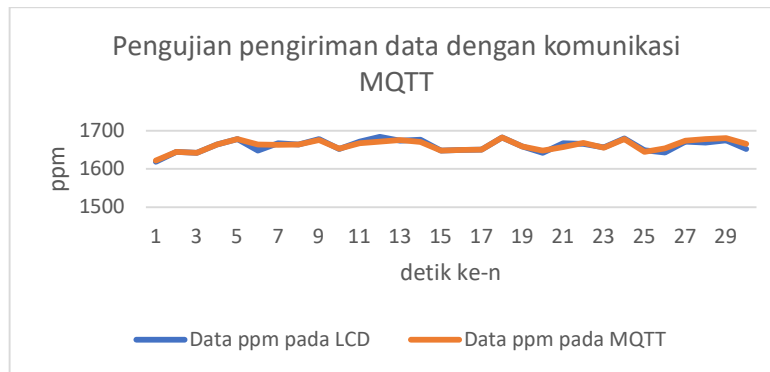


(b). Tampilan LCD untuk data RTC

Gambar 11. Pengujian modul RTC

#### 4) PENGUJIAN PENGIRIMAN DATA DENGAN KOMUNIKASI MQTT

Pengujian transmisi data dengan komunikasi MQTT mengirimkan data ppm dari sensor TDS. Data tersebut ditampilkan pada LCD dan pada aplikasi IoT MQTT Panel. Pengujian ini memastikan data yang dikirimkan dapat diterima oleh broker MQTT pada waktu yang sama dengan waktu pengiriman. Berdasarkan 30 sampel data pada Gambar 14, membuktikan bahwa terdapat dua data yang diterima mengalami delay, sehingga tingkat keberhasilannya 93%.



Gambar 12. Pengiriman data dengan komunikasi MQTT

### B. PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM MONITORING DAN KONTROLING HIDROPONIK INDOOR

Skenario pengujian keseluruhan sistem dilakukan bersamaan dengan pengamatan pertumbuhan selada selama 30 hari. Pengujian ini mengaktifkan mode otomatis untuk pompa sirkulasi dan pencahayaan lampu *growlight*. Mode otomatis diatur sesuai dengan jadwal. Jadwal nyala lampu yakni pukul 07.00-19.00 WIB. Pompa sirkulasi dijadwalkan mulai menyala 07.00 WIB sampai 10.00 WIB, pompa diatur untuk menyala tiga jam sekali dengan durasi 2 menit. Sensor TDS membaca kadar nutrisi, apabila ppm yang terbaca kurang dari 900 ppm, maka larutan AB Mix akan ditambahkan secara manual sampai sensor TDS terbaca di rentang 900 ppm. Hasil pengujian keseluruhan disajikan pada Tabel 4, setiap tiga hari sekali air campuran pada wadah berkurang karena diserap oleh tanaman sehingga ditambahkan air 2 liter dan nutrisi AB Mix sebanyak 200 ml. Skenario pengujian berpengaruh terhadap pertumbuhan selada yang semakin tinggi dan berdaun lebar lebar seperti pada Gambar 15.

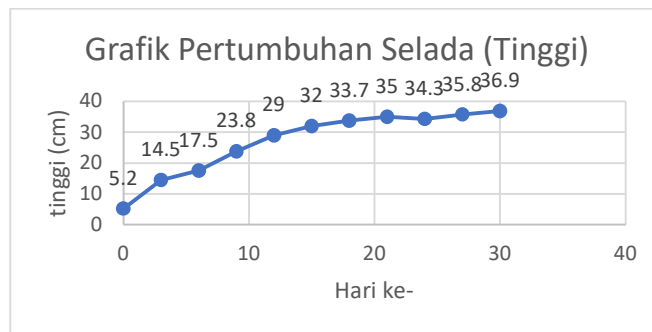
TABEL IV  
PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM

Pengamatan	Kadar pada TDS	Nutrisi sensor	Lampu <i>Growlight</i>	Pompa sirkulasi	Penambahan AB Mix	Penambahan pada campuran	Air tandon
Hari ke-3	820 ppm		Nyala sesuai jadwal	Nyala sesuai jadwal	-	-	
Hari ke-6	620 ppm		Nyala sesuai jadwal	Nyala sesuai jadwal	Dituangkan 200 ml larutan AB Mix.	Ditambahkan 2 liter air	
Hari ke-9	950 ppm		Nyala sesuai jadwal	Nyala sesuai jadwal	-	-	

<b>Hari ke-12</b>	620 ppm	Nyala sesuai jadwal	Nyala sesuai jadwal	-	-
<b>Hari ke-15</b>	930 ppm	Nyala sesuai jadwal	Nyala sesuai jadwal	Dituangkan 200 ml larutan AB Mix.	
<b>Hari ke-18</b>	660 ppm	Nyala sesuai jadwal	Nyala sesuai jadwal		Ditambahkan 2 liter air
<b>Hari ke-21</b>	910 ppm	Nyala sesuai jadwal	Nyala sesuai jadwal	Dituangkan 200 ml larutan AB Mix.	
<b>Hari ke-24</b>	580 ppm	Nyala sesuai jadwal	Nyala sesuai jadwal	-	-
<b>Hari ke-27</b>	930 ppm	Nyala sesuai jadwal	Nyala sesuai jadwal	Dituangkan 200 ml larutan AB Mix.	Ditambahkan 2 liter air
<b>Hari ke-30</b>	770 ppm	Nyala sesuai jadwal	Nyala sesuai jadwal	-	-

**C. HASIL PENGAMATAN PERTUMBUHAN SELADA PADA SISTEM HIPOI**

Jenis komoditas tanaman yang dijadikan objek pada penelitian ini adalah selada. Selada disemai ke dalam wadah rak hidroponik setelah melalui proses pembenihan selama 6 hari. Proses pembenihan dimulai dari benih selada dengan penyinaran lampu *Growlight* dari sistem HIPOI. Setelah terlihat tumbuh beberapa daun, baru selada dipindahkan ke dalam wadah rak. Grafik pertumbuhan selada dimulai dari proses penyemaian ditunjukkan pada Gambar 15. Proses pengamatan selada dilakukan selama 3 hari sekali selama 30 hari.







Gambar 13. Pertumbuhan dari tanaman Selada

Dokumentasi dari percepatan pertumbuhan tanaman selada disajikan pada Tabel 5. Selada dapat tumbuh dengan *significant* terlihat dari tinggi batang dan daunnya yang semakin lebar selama 30 hari pengamatan. Selama pengamatan, nutrisi selalu dipantau setiap hari dan ditambahkan manual apabila kadar nutrisinya tidak sesuai dengan kebutuhan selada. Kadar nutrisi yang diberikan sebesar 900 ppm. Penyinaran lampu *growlight* dinyalakan dengan mode otomatis 12 jam penyinaran. Pompa sirkulasi dinyalakan mode otomatis tiap 3 jam menyala selama 2 menit.

TABEL V

HASIL PENGAMATAN TANAMAN SETELAH PENERAPAN SISTEM

Hasil Pengamatan Pertumbuhan Selada			
Pengamatan 1 Tinggi = 14,5 cm Setelah 3 hari penyemaian	Pengamatan 2 Tinggi = 17,5 cm Tumbuh 3 cm setelah 3 hari berikutnya dari pengamatan 1.	Pengamatan 3 Tinggi = 23,8 cm Tumbuh 6,3 cm dari 3 hari sebelumnya dari pengamatan 2	Pengamatan 4 Tinggi = 29 cm Tumbuh 5,2 cm dari 3 hari sebelumnya dari pengamatan tiga.
			

**IV. SIMPULAN**

Sistem IoT pada hidroponik NFT dalam ruang yang telah dibuat pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak dan analisis pertumbuhan selada dengan mode penjadwalan dan mode manual. Perangkat kerasnya terdiri dari mikrokontroler ESP

32 berserta relay, dimana relay digunakan sebagai pemutus arus elektrik untuk mode otomatis nyala mati lampu dan pompa sirkulasi. Sensor TDS bekerja stabil pada rentang nutrisi 900 ppm, sensor suhu bekerja optimal dengan rerata presentasi eror sebesar 0,84 %. Perangkat lunak yang digunakan adalah platform IoT Panel MQTT dengan pengujian keberhasilan transmisi data ke Broker 93%. IoT panel MQTT digunakan untuk *subscribe* dan *publish* dari data sensor. Pengamatan operasi keseluruhan sistem dengan mode otomatis, disimpulkan berhasil 100% selama 30 hari. Selada berhasil tumbuh dari hasil penerapan sistem IoT, dengan batangnya semakin tinggi, daunnya semakin lebar dan lebat.

#### KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan bagian luaran dari hibah penelitian skema inovasi dengan pendanaan internal Universitas Dinamika dengan surat perjanjian pelaksanaan program hibah inovasi Tahun anggaran 2022 No: 007:ST-PPM/KPJ/V/2022.

#### REFERENSI

- [1] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of things for smart cities," *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2014, doi: 10.1109/JIOT.2014.2306328.
- [2] H. Kusuma, M. A. Akbar, T. Suhendra, A. Zuchriadi, and A. K. A. Cintra, "IoT Sea Level Monitoring Development and Field Testing Study," *ELECTRON Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 70–77, 2023, doi: 10.33019/electron.v4i2.50.
- [3] N. N. Misra, Y. Dixit, A. Al-Mallahi, M. S. Bhullar, R. Upadhyay, and A. Martynenko, "IoT, Big Data, and Artificial Intelligence in Agriculture and Food Industry," *IEEE Internet Things J.*, vol. 9, no. 9, pp. 6305–6324, 2022, doi: 10.1109/JIOT.2020.2998584.
- [4] H. Andre, F. D. Pratama, M. R. Pahlevi, and M. Afif, "Perancangan dan Implementasi Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Kumbung Jamur Berbasis Internet of Things.pdf," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 26–32, 2022, doi: <https://doi.org/10.33019/electron.v3i1.14>.
- [5] A. Hadinata and Mashoedah, "Internet of Things-based Hydroponic: Literature Review," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2111, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2111/1/012014.
- [6] M. Rindy Saputra, M. Ulfah, and Hilmansyah, "Sistem Monitoring dan Penyiraman Tanaman Sawi Daging Berbasis Internet Of Things (IoT)," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 89–96, 2023, doi: 10.33019/electron.v4i2.56.
- [7] W. Atmadja, I. Alexander, S. Dewanto, A. Cahya Nugraha, and S. Gokparulian, "Indoor Hydroponic System Using IoT-Based LED," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 998, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/998/1/012048.
- [8] F. Giampieri, S. Tulipani, J. M. Alvarez-Suarez, J. L. Quiles, B. Mezzetti, and M. Battino, "The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health," *Nutrition*, vol. 28, no. 1, pp. 9–19, 2012, doi: 10.1016/j.nut.2011.08.009.
- [9] B. Fr. T. Qurrohman, *Bertanam Selada Hidroponik Konsep dan Aplikasi*. 2013.
- [10] N. Anika and E. P. D. Putra, "Analisis Pendapatan Usahatani Sayuran Hidroponik Dengan Sistem Deep Flow Technique (Dft)," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.*, vol. 9, no. 4, p. 367, 2020, doi: 10.23960/jtep-l.v9i4.367-373.
- [11] P. E. Kresnha, Sugiartowo, and N. L. A. Wicahyani, "Automasi Hidroponik Indoor Sistem Wick dengan Pengaturan Penyinaran Menggunakan Growing Lights dan Pemberitahuan Nutrisi berbasis SMS Gateway," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–8, 2019.
- [12] D. Galuh Pratama, J. Maulindar, and R. Puspita Indah, "Perancangan Monitoring & Pengontrol pH Sayuran Sawi Hidroponik Berbasis IoT ( Internet Of Things )," *Ratna Puspita Indah Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, pp. 4051–4060, 2023.
- [13] B. Murtianta, S. Danis Ronaldo, and D. Susilo, "Perancangan Prototype Smart Indoor Greenhouse IoT untuk Membantu Permasalahan Budidaya Tanaman Selada di Kota Kupang," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 21, no. 2, pp. 297–310, 2022, doi: 10.31358/techne.v21i2.331.
- [14] C. Cantica *et al.*, "Sistem Pemantauan dan Kendali Budidaya Selada dalam Ruang pada Media Tanah Berbasis Internet of Things Internet of Things Based Monitoring and Control System for Indoor Lettuce Cultivation on Soil Media," *J. Comput. Eng. Syst. Sci.*, no. July, pp. 510–525, 2022.
- [15] 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. Informasi)*, vol. 8, no. 3, p. 197, 2020, doi: 10.24843/jim.2020.v08.i03.p05.
- [16] Y. Prasetya, A. G. Putrada, and A. Rakhmatsyah, "Evaluation of IoT-Based Grow Light Automation on Hydroponic Plant Growth," *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 7, no. 2, p. 314, 2021, doi: 10.26555/jiteki.v7i2.21424.
- [17] H. Saputra, I. D. Sumitra, D. Hirawan, R. Lesmana, and E. S. Soegoto, "Smart Urban Farming Application: Uv Light in Hydroponic Installations," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 18, no. 2, pp. 1007–1018, 2023.
- [18] M. Saputri, Q. Oktaria, A. Junaidi, and M. A. Ardiansyah, "Effect of Light Intensity and Sound Intensity on the Growth of Various Types of Chili in Indoor System," *J. Penelit. Pendidik. IPA*, vol. 9, no. 8, pp. 6330–6336, 2023, doi: 10.29303/jppipa.v9i8.3856.
- [19] N. ; Ammar, L. ; Noirie, and S. Tixeuil, "Network-Protocol-Based IoT Device Identification," 2019, doi: 10.1109/FMEC.2019.8795318.
- [20] A. A. Zulfikri, D. Perdana, and G. Bisono, "Design and Analysis of Trash Monitoring System Prototype Based On Internet of Things (IoT) Using MQTT Protocol," *J. Infotel*, vol. 10, no. 3, p. 113, 2018, doi: 10.20895/infotel.v10i3.381.