

PENGOPTIMALAN PERTUMBUHAN TANAMAN DAN IKAN DENGAN TEKNOLOGI *INTERNET OF THINGS* PADA SISTEM AQUAPONIK

Fio Firmansyah¹, Rini Astuti², Willy Prihartono³, Ryan Hamonangan⁴

^{1,3,4} STMIK IKMI Cirebon

Jl. Perjuangan No. 10 B Majasem, Kesambi, Cirebon

²STMIK LIKMI Bandung

Jl. Ir H. Juanda No.96, Lebakgede, Coblong, Bandung

Email : ¹fiofirmansyah16@gmail.com, ²riniastuti@likmi.ac.id, ³willy@ikmi.ac.id,

ABSTRAK

Aquaponik adalah sistem pertanian modern yang mengintegrasikan akuakultur dan hidroponik dalam sebuah ekosistem yang saling menguntungkan. Limbah yang dihasilkan dari akuakultur dimanfaatkan sebagai pupuk alami untuk pertumbuhan tanaman, sementara tanaman membantu memurnikan air yang digunakan dalam akuakultur. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem aquaponik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode *Deep Flow Technique (DFT)*. Sistem ini dilengkapi dengan kemampuan untuk memantau parameter penting seperti pH air, suhu, kadar oksigen terlarut, dan *Electrical Conductivity (EC)*, yang diukur menggunakan berbagai sensor. Data yang diperoleh dikirimkan ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 untuk diproses dan selanjutnya diteruskan ke platform ThingSpeak untuk analisis real-time. Sistem ini juga memungkinkan pengendalian otomatis terhadap pompa nutrisi dan aerator, yang berperan menjaga kondisi lingkungan tetap optimal bagi pertumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan IoT mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ikan secara signifikan dibandingkan dengan metode konvensional. Kemampuan monitoring secara real-time memastikan deteksi dini terhadap perubahan parameter lingkungan yang berpotensi merugikan, sementara pengendalian otomatis menjamin nutrisi dan aerasi tetap terjaga pada tingkat optimal. Dengan penerapan teknologi ini, sistem aquaponik menjadi lebih efisien, produktif, dan dapat diadaptasi untuk skala komersial. Penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut, termasuk integrasi teknologi tambahan seperti pengendalian intensitas cahaya dan algoritma kecerdasan buatan untuk meningkatkan efisiensi sistem.

Keywords: Aquaponik, IoT, NodeMCU ESP8266.

ABSTRACT

Aquaponics is a modern agricultural system that integrates aquaculture and hydroponics into a mutually beneficial ecosystem. Waste produced from aquaculture serves as a natural fertilizer for plants, while plants purify the water used in aquaculture. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based aquaponics system using the Deep Flow Technique (DFT). The system is equipped to monitor critical parameters such as water pH, temperature, dissolved oxygen levels, and Electrical Conductivity (EC), measured through various sensors. Data collected are processed by a NodeMCU ESP8266 microcontroller and transmitted to the ThingSpeak platform for real-time analysis. The system also enables automated control of nutrient pumps and aerators, ensuring environmental conditions remain optimal for growth. The results demonstrate that IoT implementation significantly improves plant and fish growth compared to conventional methods. Real-time monitoring ensures early detection of potentially harmful environmental changes, while automated controls maintain optimal levels of nutrients and aeration. With this technology, aquaponics systems become more efficient, productive, and scalable for commercial use. This study opens avenues for further development, including integrating additional technologies such as light intensity control and artificial intelligence algorithms to enhance system efficiency.

Keywords: Aquaponics, IoT, Nutrients, NodeMCU ESP8266.

1. PENDAHULUAN

Hidroponik adalah budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah. Bunga, herbal, dan sayuran hidroponik ditanam di media tanam yang lembap dan disuplai dengan larutan kaya nutrisi, oksigen, dan air[1]. Teknologi ini memberikan solusi atas berbagai tantangan dalam pertanian modern, seperti penghematan air, keberlanjutan lingkungan, dan peningkatan produktivitas. Namun, pengelolaan parameter lingkungan secara manual menjadi kendala utama dalam sistem konvensional. Seiring dengan perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)*, sistem *aquaponik* dapat ditingkatkan melalui monitoring dan pengendalian otomatis parameter lingkungan seperti pH, suhu, oksigen terlarut, dan nutrisi. IoT memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara real-time, sehingga mendukung pengelolaan yang lebih efisien dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *aquaponik* berbasis IoT menggunakan metode *Deep Flow Technique (DFT)* yang mampu meningkatkan produktivitas dan efisiensi pengelolaan sistem.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan desain prototipe. Sistem yang dikembangkan terdiri dari mikrokontroler *NodeMCU ESP8266* sebagai pengolah data, sensor pH, sensor suhu (*DHT11*), dan sensor *Total Dissolved Solids (TDS)* untuk mengukur parameter lingkungan. Data yang diperoleh dikirimkan ke platform *ThingSpeak* untuk analisis dan visualisasi secara real-time. Uji coba dilakukan selama enam minggu untuk mengevaluasi stabilitas parameter lingkungan dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman dan ikan. Data dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk membandingkan kinerja sistem IoT dengan metode konvensional.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem IoT mampu menjaga parameter lingkungan dalam kondisi optimal sepanjang waktu. pH air rata-rata tercatat pada $6,5 \pm 0,3$, suhu berkisar antara $25-27^{\circ}\text{C}$, dan *Electrical Conductivity (EC)* stabil pada 800–1000 ppm. Sistem ini juga memungkinkan respons otomatis terhadap perubahan lingkungan. Misalnya, ketika kadar oksigen terlarut turun, aerator diaktifkan secara otomatis untuk menjaga level oksigen dalam air. Keunggulan lain adalah kemudahan dalam monitoring secara real-time yang memungkinkan analisis mendalam terhadap tren data historis.

Penggunaan IoT dalam sistem *aquaponik* memberikan berbagai keuntungan dibandingkan metode konvensional. Sistem otomatis mengurangi intervensi manual, sehingga waktu dan tenaga lebih hemat. Data yang dikumpulkan secara real-time memungkinkan tindakan preventif terhadap potensi masalah. Stabilitas parameter lingkungan berkontribusi pada pertumbuhan yang lebih baik, terbukti dari peningkatan hasil panen tanaman dan bobot ikan hingga 20% dibandingkan metode konvensional. Integrasi IoT juga memungkinkan analisis data historis untuk pengelolaan jangka panjang. Selain itu, implementasi sistem berbasis cloud, seperti *ThingSpeak*, mempermudah akses data dari jarak jauh, menjadikan sistem ini ideal untuk aplikasi komersial.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka yang telah dilakukan pada jurnal-jurnal penelitian terkait topik pengoptimalan pertumbuhan tanaman dan ikan dengan teknologi IoT pada sistem *aquaponik* dapat dijabarkan sebagai berikut:

Penelitian ini membahas mengenai sistem budidaya akuaponik terintegrasi berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan judul "*Integrasi Budidaya Tanaman Kangkung (Ipomea Aquatica Forsk) dan Ikan Nila Menggunakan Internet of Things*". Masalah yang dihadapi adalah proses pemantauan dan pengendalian terhadap beberapa parameter penting dalam budidaya tanaman kangkung dan ikan nila yang dilakukan secara konvensional kurang efektif dan efisien. Tujuan penelitian adalah merancang sistem kontrol dan monitoring parameter air pada budidaya akuaponik berbasis IoT. Hasilnya, sistem akuaponik yang dirancang berhasil diimplementasikan dan mendukung pertumbuhan tanaman kangkung dan ikan nila[2].

Penelitian berikutnya membahas implementasi IoT pada akuakultur dan hidroponik dengan judul "*Implementasi Sistem IoT Pada Akuakultur dan Hidroponik (Aquaponik) Modern Untuk Pertumbuhan Ikan Nila*". Masalah yang dihadapi adalah meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan akuaponik modern. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan IoT dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan dan produktivitas tanaman[3].

Penelitian lainnya berjudul "*Penerapan Jaringan Sensor Nirkabel dan Internet of Things (IoT) pada Pertanian Terpadu*" membahas penggunaan IoT untuk memonitoring dan mengendalikan kondisi

lingkungan pertanian terpadu. Hasilnya, sistem IoT yang dikembangkan berhasil diimplementasikan dengan efektif[4].

Penelitian "*Sistem Pertanian Hidroponik Padi Cerdas Berbasis IoT pada Lahan Urban/Perkotaan Guna Menambah Ketahanan Pangan Masyarakat*" membahas purwarupa alat berbasis IoT yang memonitor lingkungan tanaman padi di area *greenhouse*. Hasilnya adalah sistem IoT-Based Smart Hydroponic Rice Farming Device yang dapat meningkatkan efisiensi instalasi hidroponik[5].

Penelitian berjudul "*Penerapan IPTEK Pada Rancangan Hidroponik untuk Tanaman Cabai Merah Berbantu Sistem Kontrol IoT*" membahas pengembangan sistem smart hidroponik yang meningkatkan kesehatan dan hasil panen tanaman cabai. Teknologi ini memungkinkan kontrol otomatis yang akurat[6].

Penelitian lainnya, "*PLTS Sebagai Backup Supply pada Plant Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) Berbasis IoT*", meneliti backup supply energi pada sistem NFT menggunakan PLTS dan ATS. Hasilnya menunjukkan keberlanjutan hidroponik dengan efisiensi tinggi[7].

Penelitian berjudul "*Design of Water Monitoring System in Aquaponics Based on Arduino Nano and Raspberry Pi*" merancang sistem monitoring air dalam akuaponik. Sistem ini dapat mempermudah monitoring air dan menyimpan data dalam database yang diakses melalui website[8].

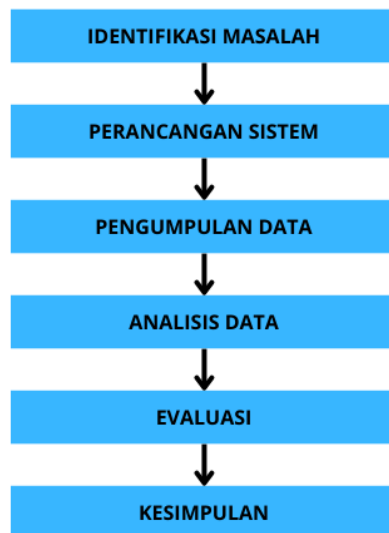
Penelitian "*Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan NodeMCU ESP32*" membahas pengembangan sistem kontrol nutrisi otomatis dengan sensor. Hasilnya adalah pemberian nutrisi yang akurat dan data dapat diakses secara *real-time*[9].

Penelitian "*Kontrol Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Monitoring Internet of Things*" menekankan kontrol kadar nutrisi untuk meningkatkan kualitas tanaman. Hasil menunjukkan akurasi sensor TDS mencapai 94,254%[10].

Penelitian terakhir, "*Perancangan Sistem Perawatan Aquaponik Tanaman Cabe Rawit dan Ikan Lele Menggunakan Arduino Berbasis Internet of Things*", mengembangkan sistem perawatan akuaponik otomatis. Sistem ini mendeteksi pH, suhu, dan kekeruhan air secara *real-time*, memberikan kemudahan bagi pembudidaya[11].

3. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan adalah menggunakan metode penelitian Kualitatif, Penelitian kualitatif merupakan metode-metode untuk mengeksplorasi dan memahami makna yang dianggap berasal dari masalah sosial atau kemanusiaan[12]. Dalam pengumpulan dan analisis data pada penelitian yang berjudul "Pengoptimalan Pertumbuhan Tanaman dan Ikan dengan Teknologi Internet of Things pada Sistem Aquaponik", digunakan pendekatan eksperimen untuk memahami dan menggali efektivitas IoT dalam optimalisasi sistem aquaponik secara mendalam. Fungsi dari pendekatan eksperimen adalah untuk mengamati perubahan pada pertumbuhan tanaman dan ikan setelah penerapan teknologi IoT dalam pengendalian nutrisi, dengan fokus pada hasil dan efek langsung dari implementasi tersebut. Data dalam penelitian ini diperoleh dari hasil eksperimen langsung pada sistem aquaponik yang dilengkapi teknologi IoT, yang melibatkan teknik pengamatan dan pengukuran data sensor secara *real-time* sebagai alat untuk mengumpulkan informasi secara mendalam. Pada Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan tahapan penelitian sebagai berikut :



Gambar 1 Metode Penelitian

Tabel 1. Deskripsi Aktivitas Metode Penelitian

Tahapan	Aktivitas	Deskripsi Aktivitas
1. Identifikasi Masalah	Mengidentifikasi masalah dan menetapkan tujuan penelitian.	Menentukan isu dalam sistem aquaponik konvensional yang akan diatasi, seperti kendala pemantauan lingkungan. Tujuan utamanya adalah untuk merancang sistem berbasis IoT yang meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ikan melalui monitoring dan kontrol nutrisi secara otomatis.
2. Perancangan Sistem	Merancang perangkat keras dan lunak untuk sistem aquaponik berbasis IoT.	Tahap ini melibatkan pemilihan komponen utama seperti NodeMCU ESP8266 dan berbagai sensor untuk memantau kualitas air. Selain itu, ThingSpeak digunakan untuk menampilkan data sensor secara real-time. Rancangan sistem meliputi konfigurasi perangkat, alur kontrol, serta integrasi platform IoT.
3. Pengumpulan Data	Melakukan eksperimen untuk mengumpulkan data dari sensor secara real-time.	Eksperimen dilakukan pada sistem aquaponik yang dilengkapi dengan IoT. Data parameter lingkungan (pH, suhu, oksigen terlarut, dan EC) dikumpulkan dan dikirim ke platform ThingSpeak. Data ini kemudian digunakan untuk analisis deskriptif, memberikan gambaran rinci tentang kondisi lingkungan.
4. Analisis Data	Mengolah data yang dikumpulkan untuk mendapatkan informasi yang dapat dijelaskan secara deskriptif.	Data dianalisis menggunakan teknik statistik deskriptif untuk menyajikan gambaran umum dari setiap parameter yang dipantau. Teknik ini membantu dalam memahami fluktuasi dan pola parameter kualitas air secara lebih mendetail, untuk mengevaluasi pengaruh penerapan IoT dalam menjaga

Tahapan	Aktivitas	Deskripsi Aktivitas
		lingkungan optimal bagi pertumbuhan tanaman dan ikan.
5. Evaluasi	Menilai performa sistem IoT dengan interpretasi hasil deskriptif.	Hasil dari analisis deskriptif dievaluasi untuk menilai sejauh mana sistem IoT dapat mempertahankan kualitas air dalam rentang optimal. Temuan ini diinterpretasikan untuk menentukan efektivitas implementasi IoT dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ikan.
6. Kesimpulan	Menyusun laporan akhir penelitian yang berisi temuan utama dan kesimpulan.	Laporan penelitian menyajikan seluruh hasil, analisis deskriptif, dan kesimpulan dari penelitian. Kesimpulan dibuat berdasarkan data deskriptif yang diperoleh, disertai saran untuk pengembangan lebih lanjut, seperti peningkatan fitur IoT atau integrasi teknologi tambahan.

4. PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Penelitian ini melibatkan penggunaan berbagai alat dan bahan yang dipecah menjadi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Berikut adalah daftar serta deskripsi singkat dari masing-masing komponen.

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| a) NodeMCU ESP 8266 | g) LCD 12c |
| b) Sensor DHT11 | h) Instalasi aquaponik |
| c) Sensor pH | i) Relay |
| d) Sensor TDS | j) Pompa air |
| e) Sensor DS18B20 | k) Selang |
| f) Kabel Jumper | l) <i>Box container</i> |

2. Perangkat Lunak (*Software*)

- | | |
|----------------|---------------|
| a) Arduino IDE | b) ThingSpeak |
|----------------|---------------|

4.2 Analisis Data Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem aquaponik berbasis Internet of Things (IoT) mampu memadukan dan mengontrol parameter lingkungan secara efektif. Data yang diperoleh dari berbagai sensor, seperti pH, TDS, suhu udara, dan kelembaban udara, menunjukkan konsistensi yang lebih baik dibandingkan sistem konvensional.

1. Parameter pH

Sensor pH mencatat yang minimal selama masa penelitian, dengan rata-rata nilai pH berada dalam rentang optimal untuk tanaman dan ikan, yaitu $6,5 \pm 0,3$. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan kecil pada keasaman udara dan mengaktifkan pompa larutan basa/asam secara otomatis untuk menjaga stabilitas pH.

2. Concentration Nutrisi (TDS)

Sensor TDS menunjukkan bahwa sistem dapat mempertahankan konsentrasi larutan nutrisi sesuai kebutuhan tanaman. Rata-rata nilai TDS berada pada kisaran 800–1000 ppm, yang optimal untuk

pertumbuhan selada. Penambahan larutan nutrisi melalui pompa berlangsung secara otomatis berdasarkan data sensor, sehingga nutrisi tidak pernah berada pada tingkat defisiensi.

3. Suhu Udara dan Sensor Udara

DS18B20 melaporkan suhu udara yang stabil di kisaran 25–27°C, sedangkan sensor DHT11 menunjukkan kelembaban udara rata-rata 70% dengan suhu udara sekitar 28°C. Kondisi ini sesuai dengan kebutuhan ikan nila dan tanaman selada, memastikan lingkungan optimal untuk keduanya.

4. Efisiensi Pengendalian

Data dari platform ThingSpeak menunjukkan bahwa sistem IoT dapat memonitor parameter secara real-time dan memberikan notifikasi jika terjadi penyimpangan. Hal ini mengurangi keterlibatan manual dalam pemantauan dan pengendalian, sekaligus meningkatkan efisiensi pengelolaan.

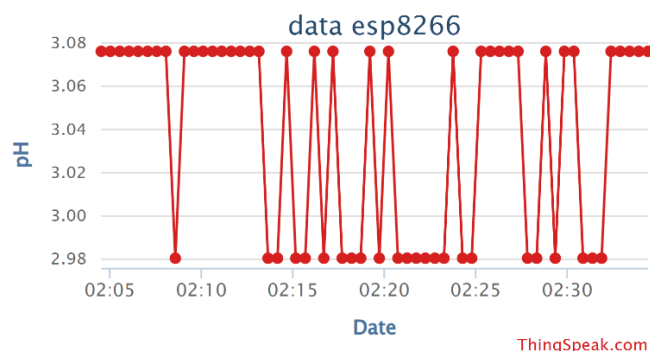
Secara keseluruhan, data hasil penelitian membuktikan bahwa penerapan teknologi IoT memberikan keunggulan signifikan dalam menjaga kestabilan parameter lingkungan aquaponik dibandingkan metode konvensional. Temuan ini menyatakan bahwa sistem IoT tidak hanya mempermudah pemantauan tetapi juga meningkatkan produktivitas dan efisiensi sistem aquaponik.

4.3 Hasil Pemantauan Setiap Sensor

Pada penelitian ini, hasil pemantauan dari setiap sensor yang terhubung dengan sistem aquaponik berbasis Internet of Things (IoT) dipantau melalui platform ThingSpeak. Data yang diperoleh mencakup parameter lingkungan seperti pH, TDS, suhu udara, dan kelembaban udara, yang ditampilkan dalam bentuk grafik real-time. Berikut adalah hasil monitoring masing-masing sensor:

1. Sensor pH

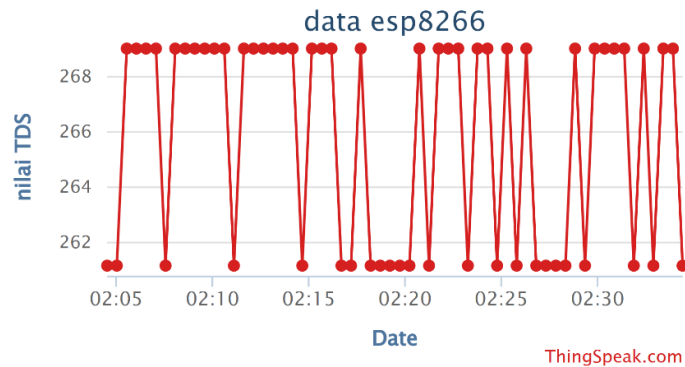
Hasil pemantauan menunjukkan bahwa pH udara tetap berada pada kisaran optimal 2,98–3,08. Grafik dari ThingSpeak menunjukkan voltase kecil, yang dikontrol secara otomatis oleh sistem pompa larutan basa/asam yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Hasil Sensor pH

2. Sensor TDS (Total Dissolved Solids)

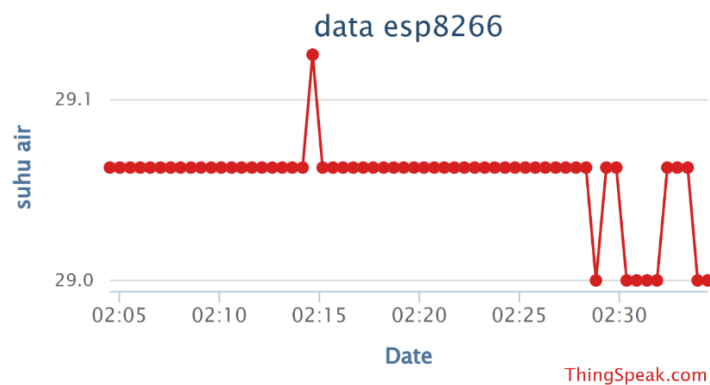
Pemantauan TDS menunjukkan konsentrasi larutan nutrisi stabil pada rentang 262-268 ppm. Sistem secara otomatis menambah larutan nutrisi ketika nilai TDS turun di bawah ambang batas. Grafik ThingSpeak menunjukkan pola pengisian nutrisi yang stabil yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Hasil Sensor TDS

3. Sensor Suhu Air (DS18B20)

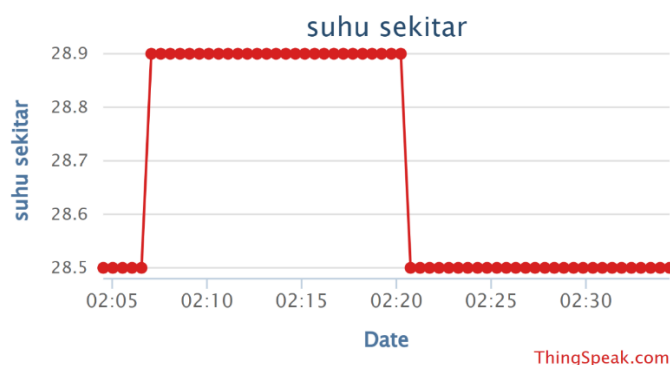
Data suhu udara menunjukkan kestabilan di kisaran 25–27°C selama penelitian. Grafik ThingSpeak menampilkan pola suhu yang konsisten, mencerminkan refleksi sensor dalam memadukan suhu udara yang ditunjukkan pada gambar 4.



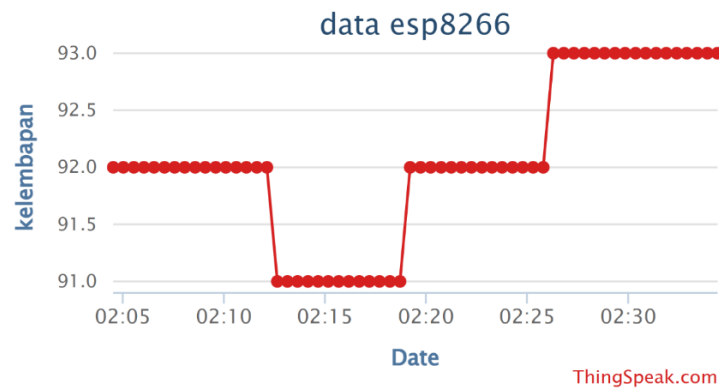
Gambar 4 Hasil Sensor Suhu Air

4. Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT11)

Pemantauan suhu udara menunjukkan rata-rata 28°C, sementara kelembaban udara berada di kisaran 91–93%. Grafik dari ThingSpeak memberikan gambaran kecil yang terjadi sepanjang waktu pemantauan yang ditunjukkan pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5 Hasil Sensor Suhu Sekitar



Gambar 6 Hasil sensor Kelembapan

4.4 Hasil Penelitian

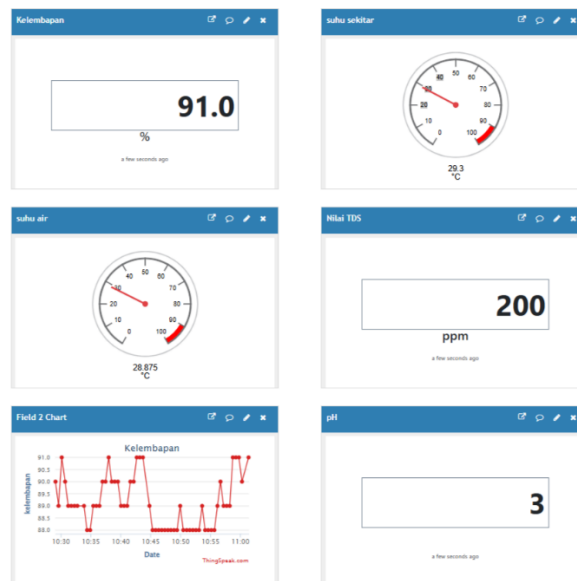
Bagian ini menjelaskan hasil yang diperoleh dari penelitian dan implementasi sistem aquaponik berbasis *Internet of Things (IoT)*. Setiap temuan disajikan secara terperinci tanpa disertai penafsiran berlebihan, melainkan fokus pada penyampaian data dan fakta dari hasil pengujian. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam memonitor dan mengendalikan parameter lingkungan, serta melihat bagaimana sistem ini memengaruhi pertumbuhan tanaman dan ikan. Data yang diperoleh dipresentasikan melalui gambar 7 yang merupakan hasil rangkaian fisiknya, tabel yang ditunjukkan dalam Tabel 2, grafik dan deskripsi statistik yang ditunjukkan pada Gambar 8, untuk memberikan pemahaman yang lebih lengkap tentang efektivitas sistem yang dikembangkan



Gambar 7 Hasil Rangkaian Alat

Tabel 2 Hasil Pengukuran Sensor

Waktu pengukuran	Nilai pH	Nilai TDS	Suhu Air	Kondisi Ikan
Hari ke-1	7,2	300	28	Sehat
Hari ke-2	7,5	350	25	Sehat
Hari ke-3	7,8	400	28	Sehat
Hari ke-4	8,1	380	30	Ikan Stres
Hari ke-5	7,7	300	28	Ikan pulih



Gambar 8 Grafik dan Deskripsi Statistik

Kesimpulannya adalah hasil pemantauan melalui platform ThingSpeak menunjukkan bahwa sistem IoT mampu menjaga parameter lingkungan dalam rentang optimal sepanjang waktu. Grafik real-time yang dihasilkan memberikan data akurat dan dapat diakses dari mana saja, memungkinkan pengendalian yang efisien dan pengambilan keputusan yang cepat.

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada sistem aquaponik dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan dan produktivitas budidaya tanaman serta ikan. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. **Perancangan dan Implementasi Sistem IoT pada Aquaponik**
Sistem aquaponik berbasis NodeMCU ESP8266 yang dilengkapi dengan berbagai sensor (pH, TDS, DHT11, DS18B20) dan aktuator seperti pompa air dapat mengontrol serta mengontrol parameter lingkungan secara otomatis. Data real-time yang dikirimkan ke platform ThingSpeak memungkinkan pengguna untuk menyatukan kondisi dari jarak jauh dengan mudah.
2. **Efektivitas Sistem dalam Pemantauan dan Pengendalian**
Parameter lingkungan, seperti pH ($6,5 \pm 0,3$), TDS (800–1000 ppm), dan suhu udara ($25\text{--}27^\circ\text{C}$), dapat dipertahankan dalam rentang optimal selama penelitian. Hal ini menciptakan kondisi yang stabil dan mendukung pertumbuhan tanaman selada dan ikan nila secara signifikan dibandingkan sistem konvensional.
3. **Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi**
Penggunaan IoT pada sistem aquaponik menunjukkan peningkatan produktivitas, dengan tanaman tumbuh lebih tinggi dan ikan memiliki berat serta panjang tubuh yang lebih besar. Selain itu, sistem ini mengurangi interaksi manual dalam pemantauan dan pengendalian, sehingga lebih efisien dalam penggunaan waktu dan sumber daya.
4. **Relevansi dengan Tujuan Penelitian**
Penelitian ini telah berhasil memenuhi tujuan utama, yaitu merancang sistem monitoring dan

pengendalian nutrisi berbasis IoT pada aquaponik serta membuktikan bahwa penerapannya dapat memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan sistem tradisional.

Kesimpulan ini menegaskan bahwa IoT adalah solusi yang efektif dan berpotensi besar untuk diadopsi dalam pengelolaan aquaponik modern, memberikan kontribusi positif terhadap keinginan dan inovasi di sektor pertanian.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dan batasan penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Peningkatan Skala Penelitian
Penelitian selanjutnya disarankan untuk dilakukan pada skala yang lebih besar atau komersial guna memahami efektivitas sistem IoT dalam kondisi nyata. Hal ini dapat mencakup jumlah tanaman dan ikan yang lebih banyak, serta penerapan di lingkungan luar ruangan.
2. Penggunaan Sensor yang Lebih Akurat
menjanjikan adanya penggunaan sensor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi untuk meningkatkan akurasi data yang diperoleh. Misalnya, penggunaan sensor pH dan TDS dengan sensitivitas yang lebih baik untuk mendeteksi perubahan kecil dalam parameter lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Rosdiana, I. G. Wiryawan, M. Azizah, and N. S. Wibowo, "Desain Sistem Informasi Monitoring Nutrisi Tanaman Hidroponik Kangkung dengan Menggunakan Metode Regresi Linear," vol. 22, no. 1, pp. 51–58, 2022.
- [2] M. Handayani, A. Sumardiono, and K. Witriansyah, "Integrasi Budidaya Tanaman Kangkung (Ipomea Aquatica Forsk) dan Ikan Nila Menggunakan Internet of Things," vol. 15, no. 01, pp. 135–141, 2024, doi: 10.35970/infotekmesin.v15i1.2160.
- [3] Setiawan, Bagas, and S. Alim, "Implementasi Sistem IoT Pada Akuakultur dan Hydroponik (Akuaponik) Modern Untuk Pertumbuhan Ikan Nila," vol. 9, no. 1, pp. 47–53, 2024.
- [4] Suhardi, D. Triyanto, and I. Nirmala, "Penerapan Jaringan Sensor Nirkabel dan Internet of Things (IoT) pada Pertanian Terpadu," vol. 4, no. 5, pp. 2506–2517, 2024, doi: 10.30865/klik.v4i5.1823.
- [5] M. A. Setiawan and Sulistiyasni, "Smart IoT-Based Hydroponic Rice Farming System in Urban Areas to Enhance Food Security for the Community Sistem Pertanian Hidroponik Padi Cerdas Berbasis IoT pada Lahan Urban / Perkotaan Guna Menambah Ketahanan Pangan Masyarakat," vol. 4, no. January, pp. 118–129, 2024.
- [6] H. Satria, M. Mungkin, and Suswati, "Penerapan Iptek Pada Rancangan Hidroponik Untuk Tanaman Cabai Merah Berbantu Sistem Kontrol Iot," vol. 7, no. 6, pp. 5–12, 2023.
- [7] A. Hariz, M. Saputra, F. Nur, and R. Hamka, "PLTS sebagai Backup Supply pada Plant Hidroponik Nutrient Film Tehcnique (NFT) Berbasis IoT," vol. 10, no. 1, pp. 19–23, 2023.
- [8] N. W. Prasetya, A. R. I. Harahap, FadhliAulady, and W. Inayah, "Design of Water Monitoring System in Aquaponics Based on Arduino Nano and Raspberry Pi," vol. 15, no. 1, pp. 29–42, 2023.
- [9] M. A. J. Hidayat and Amrullah Ahmad Zuli, "Sistem Kontrol Dan Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Nodemcu Esp32," vol. 1770, pp. 23–32, 2022.
- [10] I. Salfikar, M. Ichsan, and Rouhillah, "Kontrol Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Monitoring Internet of Things," vol. 14, no. November, pp. 72–77, 2022.
- [11] N. D. Setiawan, "Perancangan sistem Perawatan Aquaponik Tanaman Cabe Rawit dan Ikan Lele Menggunakan Arduino Berbasis Internet of Things," vol. 05, pp. 118–126, 2020.
- [12] M. P. Dr. Abdul Fattah Nasution, *Metode Penelitian Kualitatif*, vol. 11, no. 1. 2023.