JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)
Vol. 13 No. 2, pISSN: 2303-0577 eISSN: 2830-7062 http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6377

# IMPLEMENTASI *SMART* AKUAPONIK DENGAN IOT UNTUK PERTANIAN PERKOTAAN YANG EFISIEN

**Bijak Akbar Sukmawan[1], Apripriharta[2*], lham Ari Elbaith Zaeni[3], Mohamad Rodhi Faiz[4], Suhiro Wongso Susilo[5], Nur Aini Syafrina Rahmadhani[6]**

[1,2,3,4,5,6]Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Negeri Malang; Jl. Semarang No. 5, Malang, 65145, Jawa Timur; +62 341-551312

Received: 8 Maret 2025
Accepted: 27 Maret 2025
Published: 14 April 2025

**Keywords:**
*Smart* Akuaponik; *Internet of Things*; Akuaponik; *Firebase*; ESP32.

**Corespondent Email:**
apripriharta.ft@um.ac.id

**Abstrak.** Efisiensi kerja merupakan prioritas utama dalam masyarakat perkotaan, terutama di Indonesia, yang menghadapi tantangan penyusutan lahan pertanian akibat urbanisasi. Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam budidaya akuaponik, sebuah metode yang menggabungkan budidaya ikan dan tanaman dalam sebuah ekosistem yang bersirkulasi. Penelitian ini mengembangkan sistem smart akuaponik berbasis IoT yang memungkinkan pemantauan dan kontrol real-time terhadap parameter penting seperti suhu dan pH air menggunakan sensor DS18B20 dan PH-4502C, dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pengelola data. Data dari sensor disimpan di cloud melalui Google Firebase dan dapat diakses melalui perangkat pintar kapan saja dan di mana saja. Hasil pengujian menunjukkan sistem ini mampu memonitor suhu air dengan akurasi ±0.5°C dibandingkan dengan termometer air raksa, serta pH air dengan rentang 6.5-7.0 yang ideal untuk akuaponik. Solusi ini diharapkan dapat mendorong penerapan teknologi pintar untuk meningkatkan produktivitas pertanian perkotaan yang berkelanjutan.

**Abstract.** *Work efficiency is a top priority in urban communities, especially in Indonesia, which is facing the challenge of shrinking agricultural land due to urbanisation. Internet of Things (IoT) technology offers solutions to improve productivity and efficiency in aquaponic farming, a method that combines fish and plant farming in a recirculating ecosystem. This research develops an IoT-based smart aquaponic system that enables real-time monitoring and control of critical parameters such as water temperature and pH using DS18B20 and PH-4502C sensors, with an ESP32 microcontroller as the data manager. Data from the sensors are stored in the cloud via Google Firebase and can be accessed via smart devices anytime and anywhere. Test results show the system is able to monitor water temperature with an accuracy of ±0.5°C compared to a mercury thermometer, as well as water pH with a range of 6.5-7.0 which is ideal for aquaponics. This solution is expected to encourage the application of smart technology to increase the productivity of sustainable urban agriculture.*

## 1. PENDAHULUAN

Efisiensi kerja menjadi salah satu kebutuhan utama dalam masyarakat modern, terutama di daerah perkotaan yang memiliki keterbatasan waktu dan ruang untuk mendukung kegiatan produktif lainnya seperti pertanian [1]. Indonesia sebagai negara agraris dengan letak geografis yang strategis di garis khatulistiwa, memiliki potensi yang besar di sektor pertanian [2]. Namun, potensi ini semakin tergerus oleh urbanisasi yang masif, yang mengakibatkan penyusutan lahan pertanian yang signifikan [3].

Data dari Kementerian Pertanian menunjukkan bahwa luas lahan pertanian di Indonesia mengalami penurunan sebesar 5,4% dari tahun 2013 hingga 2017, sedangkan di Pulau Jawa yang merupakan wilayah dengan kepadatan penduduk tertinggi, penurunan lahan pertanian bahkan mencapai 36% di Provinsi DKI Jakarta pada periode yang sama [4]. Alih fungsi lahan ini menjadi tantangan serius bagi keberlanjutan pertanian dan ketersediaan pangan nasional [5].

Dalam upaya mengatasi tantangan tersebut, teknologi akuaponik telah muncul sebagai solusi inovatif yang dapat mengoptimalkan penggunaan lahan yang terbatas [6]. Akuaponik adalah sistem pertanian yang menggabungkan budidaya ikan dan tanaman dalam satu ekosistem yang bersirkulasi, di mana limbah ikan diubah menjadi nutrisi tanaman melalui proses nitrifikasi [7]. Meskipun teknologi ini menawarkan banyak manfaat, keberhasilannya sangat bergantung pada pemantauan parameter penting seperti suhu dan pH air untuk memastikan kondisi ekosistem tetap optimal [8]-[11]. Namun, di tengah kesibukan masyarakat perkotaan, keterbatasan waktu sering kali menghambat pemantauan dan pemeliharaan sistem akuaponik secara langsung [12].

Dalam konteks ini, teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan solusi praktis yang dapat mengatasi keterbatasan tersebut. IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem secara *real-time* dari jarak jauh melalui perangkat pintar yang terhubung ke internet. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *smart* akuaponik berbasis IoT yang memanfaatkan sensor DS18B20 untuk memonitoring suhu air dan PH-4502C untuk memonitoring pH air. Data dari sensor-sensor tersebut akan diolah menggunakan mikrokontroler ESP32 dan disimpan di *cloud* melalui layanan *Google Firebase*, sehingga pengguna dapat mengakses data tersebut kapanpun dan dimanapun.

Penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan mengintegrasikan sistem pemantauan berbasis IoT yang tidak hanya memungkinkan pemantauan parameter yang akurat tetapi juga memberikan aksesibilitas yang tinggi bagi pengguna untuk mengoptimalkan sistem akuaponik mereka. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada aspek monitoring, pendekatan ini mengedepankan efisiensi komunikasi data dan kemudahan kontrol berbasis IoT untuk mendukung penerapan teknologi pertanian modern yang lebih adaptif dan berkelanjutan di perkotaan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membawa perubahan besar di berbagai sektor, termasuk pertanian. IoT memungkinkan pemantauan dan kontrol sistem pertanian secara *real-time*, memberikan efisiensi dan fleksibilitas yang signifikan. Dalam konteks akuaponik, teknologi IoT telah digunakan untuk memantau parameter lingkungan seperti suhu, pH air, dan tingkat nutrisi. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh [13], [14] menggunakan IoT untuk memantau dan mengontrol sistem akuaponik berbasis *Nutrient Film Technique* (NFT) melalui aplikasi seluler. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan dalam memonitor parameter seperti amonia, suhu, pH, dan nutrisi. Namun, sistem ini memiliki keterbatasan dalam integrasi data yang kurang optimal dan ketergantungan pada perangkat tertentu.

Penelitian lain oleh [15], [16] menerapkan sensor pH berbasis Arduino untuk memantau pertumbuhan tanaman dalam sistem hidroponik. Meskipun pendekatan ini efektif dalam konteks hidroponik, aplikasinya dalam akuaponik dengan kebutuhan ekosistem yang lebih kompleks belum banyak dieksplorasi. Penelitian ini juga tidak membahas integrasi sistem dengan penyimpanan *cloud* untuk pemrosesan data yang lebih efisien.

Sebaliknya, penelitian ini mengembangkan sistem *smart* akuaponik berbasis IoT yang tidak hanya memonitor suhu air dan parameter pH, tetapi juga menyimpan data di *cloud* melalui *Google Firebase*, yang memungkinkan pengguna untuk mengakses data dari jarak jauh menggunakan perangkat pintar [17]. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pendekatan ini menggabungkan pemantauan yang akurat dengan kontrol yang efisien melalui integrasi penuh antara perangkat keras, perangkat lunak, dan layanan *cloud* [18].

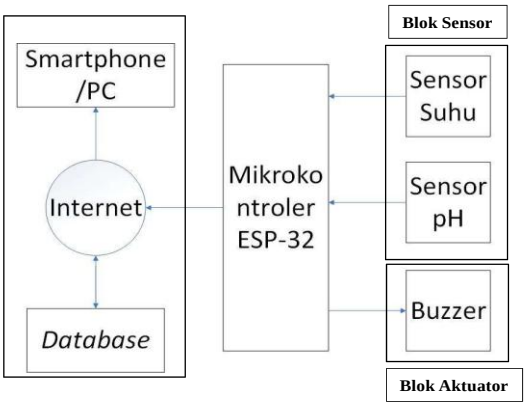
Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh [19], [20] membahas sistem monitoring berbasis IoT pada akuaponik dengan penekanan pada efisiensi energi dan keterjangkauan. Namun, penelitian tersebut tidak menyoroti

aspek keberlanjutan dan kemudahan akses pengguna yang menjadi fokus utama penelitian ini. Dengan memanfaatkan sensor DS18B20 dan PH-4502C serta mikrokontroler ESP32, penelitian ini menawarkan solusi yang lebih terjangkau dan lebih mudah diimplementasikan oleh pengguna di perkotaan [21].

Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya relevan sebagai kelanjutan dari penelitian sebelumnya, tetapi juga mengisi kesenjangan penting dalam pengembangan sistem akuaponik berbasis IoT, terutama dalam hal efisiensi data, integrasi *cloud*, dan aksesibilitas pengguna.

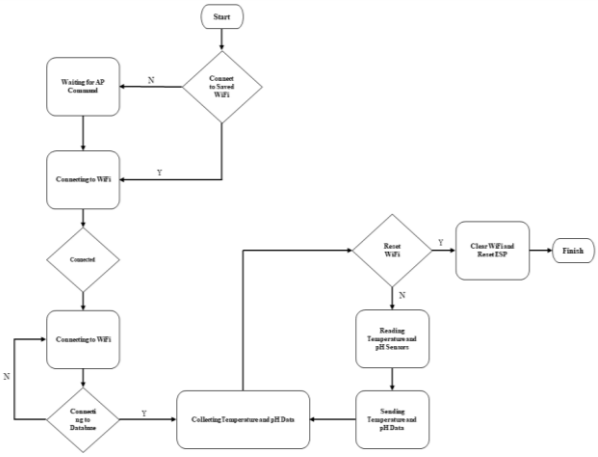
## 3. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengembangkan dan mengimplementasikan sistem *smart* akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dipasangkan dengan sensor suhu (DS18B20) dan sensor pH (PH-4502C) untuk melacak data lingkungan secara *real-time* dalam sistem akuaponik. Untuk mengumpulkan data, *Google Firebase* menghubungkan sistem ke basis data berbasis *cloud*, sehingga memungkinkan kontrol dan pemantauan jarak jauh. Dalam kasus akuaponik berbasis IoT, bagian ini juga menjelaskan teknik analisis yang digunakan untuk menilai ketepatan dan keefektifan implementasi sistem dan desain eksperimental yang digunakan untuk menganalisis kinerja sistem. Secara umum, prinsip kerja sistem *smart* akuaponik sebagai solusi pertanian perkotaan dapat dilihat pada Gambar 1. Sistem ini terdiri dari tiga blok utama, yaitu (1) blok sensor, (2) blok aktuator, dan (3) blok sistem IoT, yang masing-masing memiliki peran vital dalam mendukung pengoperasian dan pemantauan sistem akuaponik secara efisien.




Gambar 1. Blok Diagram

Pada Gambar 1 menjelaskan tiga blok penting dalam sistem *smart* akuaponik, yaitu blok sensor, blok aktuator, dan blok IoT. Blok sensor digunakan untuk membaca kadar pH dan suhu air, kemudian data yang diperoleh akan dikirim ke mikrokontroler dan disimpan di *cloud*. Blok aktuator digunakan untuk mengaktifkan buzzer ketika nilai suhu melebihi batas yang ditentukan. Blok IoT memungkinkan pengguna untuk memonitoring kondisi akuaponik melalui perangkat pintarnya dengan mengakses data yang tersimpan di *cloud* melalui koneksi internet.




Gambar 2. *Flowchart*

Desain perangkat lunak *Smart Aquaponic* untuk solusi *urban farming* ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 2. Perangkat lunak pada ESP32 digunakan untuk mengontrol alur kerja mikrokontroler. Saat dinyalakan, mikrokontroler mencoba mengenali koneksi WiFi yang telah terhubung. Jika tidak berhasil, SoftAP digunakan untuk mengatur titik WiFi yang diinginkan. Setelah terhubung dengan WiFi dan *database*, data suhu dan pH air akan ditampilkan di *database Firebase* secara *real-time*. Setelah selesai, program akan kembali ke awal.

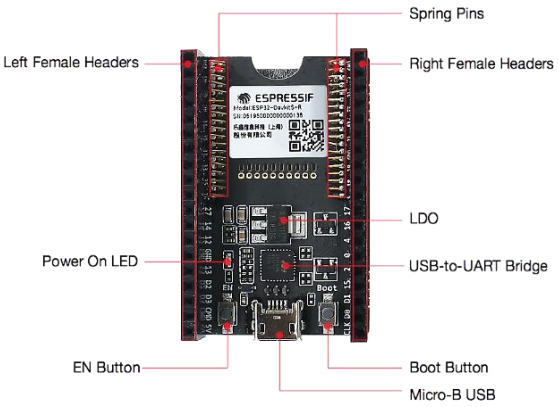
### *3.1. Sistem Perangkat Keras*

Bagian ini akan menjelaskan pengaturan atau konfigurasi kelistrikan yang akan diterapkan dalam penelitian ini. Berikut adalah penjelasannya:

#### *3.1.1. Mikrokontroler ESP-32 DOIT DEVKIT V1*

Mikrokontroler ESP-32 DOIT DEVKIT V1 dipilih sebagai komponen utama dalam sistem ini karena kemampuannya yang unggul dalam

mengelola data dari berbagai sensor dan mendukung konektivitas nirkabel yang dibutuhkan untuk komunikasi sistem. Mikrokontroler ini akan terhubung langsung dengan sensor suhu air (DS18B20) dan sensor pH (PH-4502C) yang berfungsi untuk memonitoring parameter lingkungan air dalam sistem akuaponik secara *real-time*. Meskipun modul ESP-32 didesain untuk beroperasi pada tegangan 3.3V, namun sistem ini menggunakan sumber daya dengan tegangan input 5V, yang merupakan standar pada banyak sistem daya elektronik. Oleh karena itu, diperlukan regulator internal untuk menurunkan tegangan dari 5V ke 3.3V, sesuai dengan spesifikasi operasional mikrokontroler.

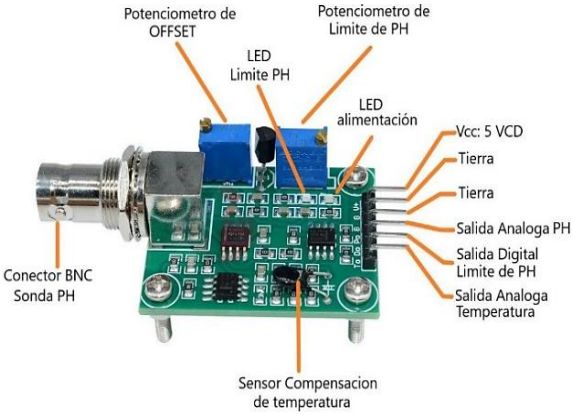



Gambar 3. ESP-32 DOIT DEVKIT V1

Gambar di atas menunjukkan diagram rinci pengaturan perangkat keras sistem akuaponik pintar berbasis IoT, yang mencakup mikrokontroler ESP-32 DOIT DEVKIT V1 yang terhubung ke sensor suhu dan sensor pH. Diagram ini mengilustrasikan koneksi fisik antara mikrokontroler dan sensor, dengan kabel yang menghubungkan pin setiap komponen. Selain itu, regulator tegangan juga terlihat, yang berfungsi untuk menurunkan tegangan input 5V ke 3,3V yang dibutuhkan oleh mikrokontroler, memastikan catu daya yang stabil dan aman. Diagram ini memberikan gambaran yang jelas tentang pengaturan rangkaian yang digunakan dalam penelitian ini. Proses konversi tegangan ini sangat penting untuk memastikan kestabilan dan keamanan rangkaian, sehingga mikrokontroler dapat berfungsi secara optimal tanpa risiko kerusakan akibat kelebihan tegangan. Regulator ini mengatur aliran listrik yang masuk ke mikrokontroler, memastikan bahwa ESP-32 menerima catu daya yang stabil dan sesuai, sehingga mikrokontroler dapat menjalankan fungsi pengolahan data dan komunikasi dengan sensor dan sistem lainnya secara efisien.

### *3.1.2. Rangkaian Sensor pH DIY MORE PH-4502C*

Sensor pH air yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor pH DIY MORE PH4502C. Rangkaian sensor ini menggunakan tegangan input 3.3V yang diperoleh dari output mikrokontroler ESP-32. Pada penggunaannya nanti, *output* dari sensor ini yang berupa sinyal analog akan dimasukkan ke dalam pin GPIO 35. GPIO pin 35 dipilih karena pada IO tersebut terdapat ADC (analog digital converter).




Gambar 4. Sistem Sensor pH dan Suhu

Gambar 4 menunjukkan sensor pH yang dilengkapi dengan beberapa komponen yang penting untuk mengukur pH air dalam sistem akuaponik. Pada bagian ini, terdapat potensiometer untuk mengatur *offset* dan batas pH, serta beberapa LED yang memberikan indikasi batas pH dan status daya. Sensor ini juga dilengkapi dengan konektor BNC yang digunakan untuk menghubungkan probe pH. Terdapat sensor kompensasi suhu yang memastikan pembacaan pH yang akurat meskipun terjadi perubahan suhu. Sensor ini memiliki beberapa pin, antara lain Vcc untuk input daya (5V), Tierra untuk ground, dan berbagai *output* analog dan digital, seperti Salida Analog PH untuk output pH secara analog, Salida Digital Limite de PH untuk output digital yang menunjukkan batas pH, dan Salida Analog Temperature untuk *output* suhu dalam bentuk analog. Semua komponen ini bekerja sama untuk memberikan data yang akurat dalam memonitoring sistem akuaponik berbasis IoT.

### *3.1.3. Rangkaian Sensor Suhu DS18B20*

Pada penelitian ini, sensor suhu yang digunakan adalah sensor suhu DS18B20, yang dipilih karena kemampuannya untuk memberikan pengukuran suhu yang akurat dan efisien. Sensor ini akan dipasang pada salah satu pin digital mikrokontroler, sehingga memungkinkan sistem berkomunikasi dengan sensor secara langsung melalui sinyal digital. Penggunaan sinyal digital ini memberikan kemudahan dalam pengolahan data, karena data yang dikirim oleh sensor sudah dalam format yang siap diolah tanpa memerlukan konversi tambahan dari analog ke digital. Selain itu, sensor DS18B20 beroperasi dengan tegangan input sebesar 3.3V yang diambil langsung dari mikrokontroler itu sendiri. Hal ini membuat integrasi sensor dengan mikrokontroler menjadi lebih sederhana dan hemat tempat, serta memastikan kompatibilitas antara perangkat keras yang digunakan dalam sistem. Dengan konfigurasi ini, sistem dapat dengan mudah membaca suhu air secara *real-time*, yang sangat penting untuk memastikan kinerja yang optimal dalam aplikasi akuaponik berbasis IoT. Gambar 5 menunjukkan sensor suhu DS18B20, yang merupakan sensor suhu digital yang umum digunakan. Sensor ini memiliki tiga pin berlabel Vcc, Data, dan Ground, yang merupakan koneksi umum untuk jenis sensor ini. Gambar tersebut juga menunjukkan diagram pengkabelan, yang menunjukkan cara yang tepat untuk menghubungkan sensor ke sumber daya (Vcc) dan koneksi ground (GND). Jenis sensor ini dapat berguna untuk berbagai aplikasi penelitian dan proyek yang memerlukan pengukuran suhu yang tepat.

Gambar 5. Rangkaian Sensor Suhu DS18B20

### *3.2. Tahap Pengujian dan Analisis Hasil Pengujian*

Setelah semua komponen dalam sistem berhasil disambungkan dan dipasang sesuai dengan rancangan blok diagram yang telah dirancang sebelumnya, serta perangkat lunak pendukung yang diperlukan telah dipersiapkan dan diprogram, maka langkah selanjutnya adalah melakukan serangkaian pengujian dan analisa terhadap alat yang telah dibangun. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap bagian dari sistem berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Tahapan pengujian yang dilakukan meliputi beberapa aspek, antara lain:

- Pengujian sensor pH: Pastikan sensor pH berfungsi dengan baik dan memberikan hasil yang akurat untuk mengukur keasaman atau kebasaan air.
- Pengujian sensor suhu: Menguji performa sensor suhu DS18B20 untuk memastikan keakuratan pembacaan suhu dalam berbagai kondisi.
- Analisis hasil pengujian: Menganalisis hasil pengujian dari sensor pH dan sensor suhu untuk mengevaluasi keakuratan dan kesesuaian data yang dihasilkan dengan standar yang diinginkan.
- Pengujian dan analisis sistem secara keseluruhan: Menguji dan menganalisis performa sistem yang telah dirakit untuk memastikan bahwa integrasi antar komponen berjalan dengan baik dan memenuhi tujuan yang diinginkan.

Dengan menerapkan tahap pengujian dan analisis ini, diharapkan data yang valid, andal, dan komprehensif akan terkumpul, yang akan menjadi sangat penting untuk evaluasi menyeluruh terhadap kinerja sistem yang sedang dikembangkan. Data ini tidak hanya akan memungkinkan penilaian rinci tentang fungsionalitas dan efisiensi sistem, tetapi juga memberikan wawasan berharga yang dapat memandu perbaikan. Selain itu, hasil pengujian dan analisis ini akan berfungsi sebagai dasar untuk menyempurnakan sistem, memastikan ketangguhannya, dan menawarkan informasi penting yang dapat berkontribusi pada peningkatan iterasi sistem di masa depan atau aplikasi potensial dalam konteks lain.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan analisis dan evaluasi kinerja sistem. Hasil dari berbagai tahap pengujian disorot dalam bagian ini, termasuk kinerja umum, integrasi sistem, dan fungsionalitas sensor. Temuan-temuan tersebut diperiksa berdasarkan tujuan metodologi dan dibandingkan dengan hasil yang diantisipasi. Menafsirkan hasil, menemukan ketidakkonsistenan, dan memberikan wawasan tentang kelebihan, kekurangan, dan area yang memungkinkan untuk perbaikan juga merupakan topik pembicaraan utama. Analisis ini berusaha untuk menyampaikan pemahaman menyeluruh tentang keampuhan sistem dan ruang untuk perbaikan.

### *4.1. Pengujian Kinerja Smart Akuaponik*

Pengujian sensor pH air DIY MORE PH-4502C ini bertujuan untuk mengetahui hasil nilai pH yang akurat dari hasil perhitungan nilai pH dengan ADC 12-bit. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan persamaan yang nantinya akan digunakan oleh sistem sebagai hasil nilai pH yang lebih akurat.

#### *4.1.1. Alat dan Bahan Pengujian Sensor PH-4502C*

Dalam jumlah yang diperlukan untuk proses pengujian, komponen-komponen tersebut meliputi sensor DIY MORE PH-4502C, mikrokontroler ESP-32, laptop/PC untuk pemrosesan data, larutan penyangga pH (6.86 dan 4.01), air, dan kabel jumper. Persediaan ini diperlukan untuk melakukan pembacaan pH yang tepat dan menjamin peralatan pengujian beroperasi sebagaimana mestinya. Alat dan perlengkapan yang diperlukan untuk menguji pH air tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan untuk Menguji pH Air

| No. | Alat dan Bahan | Jumlah |
|---|---|---|
| 1 | Sensor DIY MORE PH-4502C | 1 buah |
| 2 | ESP-32 | 1 buah |
| 3 | Laptop/PC | 1 buah |
| 4 | pH *buffer* 6.86 | Seperlunya |
| 5 | pH *buffer* 4.01 | Seperlunya |
| 6 | Air | Seperlunya |
| 7 | Kabel Jumper | Seperlunya |

#### *4.1.2. Sensor pH Air Pengujian Smart Aquaponik*

Proses pengumpulan data sensor pH dilakukan secara sistematis dan mengikuti prosedur penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya. Gambar 6 menunjukkan tahapan pengukuran dan pencatatan nilai pH menggunakan sensor yang telah melalui proses kalibrasi yang cermat. Dokumentasi ini menjelaskan metode dan teknik pengambilan data dari sensor pH, termasuk persiapan peralatan, proses pengukuran, dan pencatatan hasil secara akurat dan terstruktur.

Gambar 6. Akuisisi Data Sensor pH

Proses pengumpulan data sensor pH ditunjukkan dalam gambar ini. Sensor pH ditunjukkan terhubung ke perangkat elektronik. Sensor dicelupkan ke dalam wadah kaca yang berisi larutan. Penyiapan dan pengumpulan data dari sensor pH ini merupakan bagian penting dari penelitian yang sedang dilakukan, untuk memastikan keakuratan dan kualitas data yang diperoleh.

Tabel 2. Data Pengukuran Nilai pH

| No | Alat dan Bahan | Jumlah |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 7.02 |
| 2 | 15 | 7.01 |
| 3 | 30 | 7.03 |
| 4 | 45 | 7.04 |
| 5 | 60 | 7.05 |
| 6 | 75 | 7.06 |
| 7 | 90 | 7.07 |
| 8 | 105 | 7.08 |
| 9 | 120 | 7.09 |
| 10 | 135 | 7.10 |

Tabel 2 menunjukkan data pH yang diambil secara berkala selama 135 detik. Nilai pH direkam setiap 15 detik, memberikan gambaran perubahan pH dalam larutan. Data ini dapat dianalisis lebih lanjut untuk melihat tren, stabilitas, atau karakteristik lain dari sistem yang sedang dipelajari.

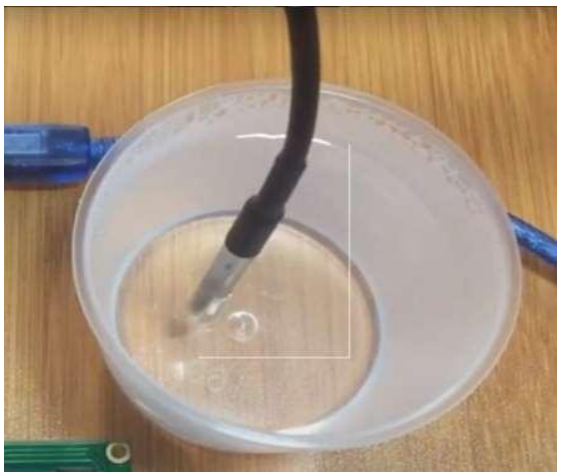
Tabel 3. Hasil Pengujian Nilai ADC Sensor pH

| No | Larutan Akuades | pH *buffer* 4.01 | | pH *buffer* 6.86 | | pH *buffer* 9.18 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mark Analog | Mark pH voltage | Mark Analog | Mark pH voltage | Mark Analog | Mark pH voltage |
| 1 | 3227 | 3688 | 3.00 | 3147 | 2.53 | 2301 | 1.85 |
| 2 | 3221 | 3814 | 3.07 | 3141 | 2.53 | 2992 | 1.83 |
| 3 | 3195 | 3740 | 3.02 | 3085 | 2.48 | 2307 | 1.85 |
| 4 | 3167 | 3725 | 3.04 | 3057 | 2.47 | 2982 | 1.81 |
| 5 | 3229 | 3817 | 3.01 | 3119 | 2.51 | 2988 | 1.82 |
| 6 | 3253 | 3784 | 3.04 | 3143 | 2.53 | 2981 | 1.81 |
| 7 | 3235 | 3769 | 3.03 | 3185 | 2.56 | 2301 | 1.85 |
| 8 | 3254 | 3730 | 3.01 | 3174 | 2.55 | 2991 | 1.84 |
| 9 | 3232 | 3805 | 3.06 | 3122 | 2.51 | 2988 | 1.82 |
| 10 | 3235 | 3773 | 3.03 | 3125 | 2.52 | 2981 | 1.881 |
| Mark Rata Rata | | 3.04 | | 2.54 | | 1.83 | |

Tabel di atas menunjukkan data pengukuran pH dari tiga larutan buffer dengan nilai pH 4.01, 6.86, dan 9.18. Masing-masing larutan diukur sebanyak 10 kali, dan nilai analog serta tegangan pH dicatat. Dari data ini, nilai pH rata-rata untuk setiap larutan buffer dapat dihitung.

#### *4.1.3. Pengujian Aquaponik Sensor Suhu Cerdas*

Untuk memantau suhu air dalam berbagai situasi lingkungan, evaluasi ini mencoba mengonfirmasi keakuratan, stabilitas, dan ketergantungan sensor. Hasilnya sangat penting untuk mempertahankan kapasitas sistem dalam mempertahankan kondisi operasi akuaponik yang ideal, yang pada gilirannya mendukung efisiensi dan keberlanjutan ekosistem.



Gambar 7. Pengukuran Sensor DD18B20

Gambar 7 mengilustrasikan proses pengukuran suhu air menggunakan sensor DS18B20. Pengaturan ini menunjukkan bagaimana sensor diintegrasikan ke dalam sistem untuk menangkap data suhu secara akurat, dengan pembacaan yang ditampilkan untuk analisis dan validasi kinerja sensor dalam kondisi lingkungan yang berbeda.

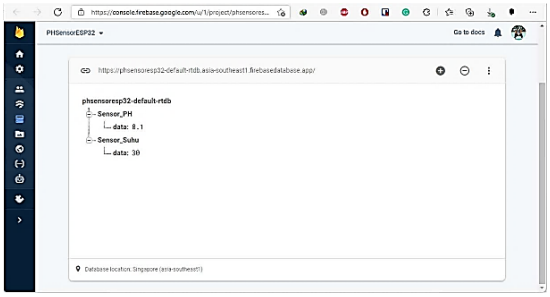
### *4.2. Analisis Pengujian Pencatatan Data*

Jarak mempengaruhi kekuatan sinyal yang diterima oleh mikrokontroler ESP-32 dan dapat mempengaruhi kecepatan pengiriman data ke *firebase*. Pada jarak yang lebih dekat, data dapat diterima secara langsung, sedangkan pada jarak yang lebih jauh, data dapat terhambat atau bahkan tidak dapat terkirim sama sekali ke *database firebase*. Untuk proses pengiriman data ke *firebase*, diperlukan alamat pengiriman data yang disebut *web host* yang telah disalin pada perintah void setup. Setiap *database* akun *firebase Google* memiliki *web host* yang berbeda. Selain itu, pada *source code* juga ditambahkan firebasejson sebagai salah satu variabel untuk komunikasi jaringan agar ESP-32 dapat melakukan pertukaran data dengan *firebase*.

Untuk proses pengiriman data ke *firebase*, *web host* yang telah disalin pada perintah void setup berfungsi sebagai alamat pengiriman data. Hal ini dikarenakan setiap *database* akun

*firebase Google* memiliki *web host* yang berbeda. Selain itu, pada source code juga ditambahkan firebasejson, JSON atau *JavaScript Object Notation* yang merupakan salah satu variabel untuk komunikasi jaringan agar ESP-32 dapat melakukan pertukaran data dengan *firebase*.

Pada pengujian pengiriman data, data uang yang dikirim oleh mikrokontroler ESP-32 dapat diterima dengan baik. Data yang dikirim sesuai dengan data yang diterima seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9.




Gambar 8. Hasil Pencatatan Data di *Firebase*

Gambar 9. Data pada Monitor Serial Arduino

Dari hasil pengujian, nilai suhu dan pH air diperoleh secara berkala selama pengambilan data, hasil dari semua pengujian dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini. Pengambilan data dilakukan antara pukul 9 pagi hingga 4 sore.

Gambar 10. Sistem Akuaponik Rakit Terapung

Gambar 10 menunjukkan sistem akuaponik rakit apung. Dalam sistem ini, tanaman yang ditanam secara hidroponik mengapung di atas tangki air yang berisi ikan. Ikan menghasilkan limbah yang kemudian digunakan oleh tanaman sebagai nutrisi, sementara tanaman menyaring air untuk menjaga air tetap bersih bagi ikan. Sistem ini menunjukkan konsep akuakultur terpadu, di mana tanaman dan ikan saling mendukung satu sama lain dalam siklus yang seimbang dan berkelanjutan.

Tabel 4. Data Pengukuran Nilai pH

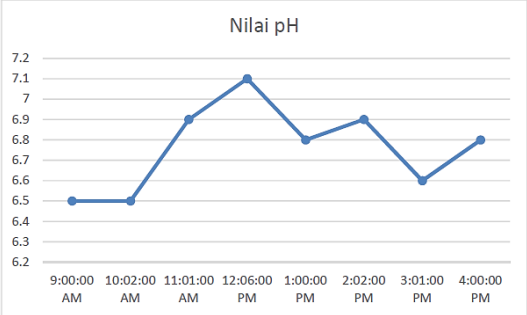
| No | Waktu | Nilai Waktu | Suhu ($^0$C) | Buzzer | Deskripsi |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 09.00 | 6.5 | 25 | Mati | Cerah |
| 2 | 10.02 | 6.5 | 26 | Mati | Berawan |
| 3 | 11.01 | 6.9 | 27 | Mati | Berawan |
| 4 | 12.06 | 7.1 | 27 | Mati | Berawan |
| 5 | 13.00 | 6.8 | 28 | Mati | Berawan |
| 6 | 14.02 | 6.9 | 25 | Mati | Cerah |
| 7 | 15.01 | 6.6 | 26 | Mati | Berawan |
| 8 | 16.00 | 6.8 | 27 | Mati | Berawan |
| 9 | 16.30 | 6.8 | 27 | Mati | Berawan |

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 4, analisis komprehensif dapat dilakukan. Pengukuran dilakukan selama satu hari penuh, dimulai pukul 09.00 dan berakhir pukul 16.30, dengan interval pengukuran sekitar 1-2 jam.

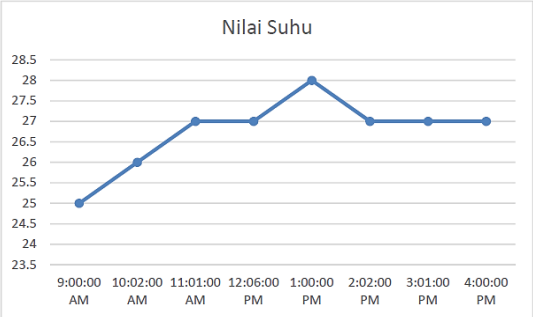
Suhu air selama periode ini berada pada kisaran 25°C hingga 28°C, yang mengindikasikan adanya peningkatan seiring berjalannya hari. Hal ini sesuai dengan perubahan cuaca yang terekam, di mana pagi hari cenderung cerah sementara siang hingga sore hari cenderung berawan.

Nilai pH air juga relatif stabil, di kisaran 6.5 hingga 7.1, dengan fluktuasi yang tidak terlalu signifikan. Sepanjang hari, tidak terdeteksi adanya aktivasi alarm buzzer, menandakan bahwa tidak ada kondisi yang melebihi ambang batas atau memerlukan perhatian khusus.

Secara keseluruhan, data yang disajikan menggambarkan sebuah sistem dengan parameter kualitas air yang terpelihara dengan baik selama periode pengamatan. Variasi suhu dan deskripsi cuaca memberikan konteks yang mendukung interpretasi data.




Gambar 11. Grafik Pemantauan pH Air




Gambar 12. Grafik Pemantauan Suhu Air

Analisis Data pH pada Gambar 11 Pengukuran pH yang disajikan juga menunjukkan variasi selama periode pengamatan. Nilai pH terendah sekitar 6.4 tercatat pada pukul 12.00 siang, sedangkan nilai tertinggi 7.1 teramati pada pukul 10.00 pagi. Meskipun terjadi fluktuasi, pH tetap berada dalam kisaran yang relatif stabil antara 6.4 hingga 7.1, yang cocok untuk menjaga ekosistem perairan. Perubahan ini kemungkinan besar disebabkan oleh proses biologis dalam sistem, seperti fotosintesis dan respirasi, yang mempengaruhi keseimbangan kimiawi air. Secara kolektif, data suhu dan pH menunjukkan bahwa meskipun kondisi lingkungan mempengaruhi parameter sistem, mereka tetap berada dalam kisaran yang dapat diterima untuk mempertahankan fungsionalitas sistem akuaponik.

Analisis Data Suhu pada Gambar 12 menggambarkan fluktuasi suhu air yang diamati selama periode pemantauan dari pukul 09.00 pagi hingga 16.00 sore. Suhu terendah yang tercatat sekitar 24.5°C pada pukul 09.00 WIB, sedangkan suhu tertinggi 27.8°C terjadi pada pukul 12.00 WIB. Suhu menunjukkan tren yang meningkat dari pagi hingga sore hari, dipengaruhi oleh meningkatnya intensitas sinar matahari dan perubahan cuaca. Temuan ini menyoroti sensitivitas suhu air terhadap faktor lingkungan, yang menjadi pertimbangan penting dalam sistem akuaponik luar ruangan.

## 5. KESIMPULAN

Sistem *smart* akuaponik yang terintegrasi dengan teknologi IoT telah menunjukkan potensi yang signifikan dalam mengatasi tantangan pertanian perkotaan. Melalui implementasi mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor suhu DS18B20 dan pH PH-4502C, penelitian ini telah memvalidasi keefektifan kemampuan pemantauan waktu nyata dalam menjaga kondisi pertumbuhan yang optimal. Sistem ini berhasil mempertahankan suhu air dalam kisaran 24.5°C hingga 27.8°C dengan ketepatan ±0.5°C, sementara tingkat pH diatur secara konsisten antara 6.4 dan 7.1, memberikan kondisi yang sesuai untuk akuakultur dan pertumbuhan tanaman hidroponik. Integrasi dengan penyimpanan *cloud Google Firebase* memungkinkan pencatatan data yang efisien dan kemampuan pemantauan jarak jauh, yang secara efektif mengatasi kendala waktu yang dihadapi oleh para petani perkotaan. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pemantauan berbasis IoT dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi dan aksesibilitas operasi pertanian perkotaan. Implementasi pemantauan berbasis *cloud* telah terbukti sangat berharga di lingkungan perkotaan di mana pemantauan fisik secara terus menerus tidak praktis. Kemampuan sistem untuk mempertahankan parameter lingkungan yang stabil sambil menyediakan akses jarak jauh ke data penting merupakan kemajuan yang signifikan dalam teknologi pertanian perkotaan. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem akuaponik terintegrasi IoT menawarkan solusi yang layak untuk pertanian perkotaan yang berkelanjutan, terutama di daerah dengan ruang dan sumber daya yang terbatas. Pengembangan lebih lanjut dari teknologi ini, termasuk integrasi sensor tambahan dan mekanisme kontrol otomatis, dapat mengoptimalkan kinerja sistem dan pemanfaatan sumber daya dalam aplikasi pertanian perkotaan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang disajikan dalam makalah ini didukung oleh UM non-APBN 2023, Indonesia, dengan nomor kontrak 3.4.53/UN32.2.1/LT/2023.

## DAFTAR PUSTAKA


[1] R. Khairani, G. Ardhya Pradipta, and Theresiawati, "Perancangan dan Pembuatan Portal Informasi Unit Kearsipan I Kementerian Pertanian Berbasis Web," Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer Dan Aplikasinya (SENAMIKA), Apr. 2021.

[2] W. Vernandhes, N. S. Salahuddin, A. Kowanda, and S. P. Sari, "Smart aquaponic with monitoring and control system based on iot," 2017 Second International Conference on Informatics and Computing (ICIC), pp. 1–6, Nov. 2017, doi: 10.1109/iac.2017.8280590.

[3] D. R. Bolla, J. J. J, S. S. Palle, M. Penna, N. Keshavamurthy, and N. Shivashankar, "An IoT Based Smart E-Fuel Stations Using ESP-32," 2020 International Conference on Recent Trends on Electronics, Information, Communication & Technology (RTEICT), vol. 3, pp. 333–336, Nov. 2020, doi: 10.1109/rteict49044.2020.9315676.

[4] A. A. Endryanto and N. E. Khomariah, "KONTROL DAN MONITORING TANAMAN HIDROPONIK SISTEM NUTRIENT FILM TECHNIQUE BERBASIS IOT," KONVERGENSI, vol. 18, no. 1, pp. 25–32, Jul. 2022, doi: 10.30996/konv.v18i1.4494.

[5] D. M. Wahyujati, "IMPLEMENTASI TEKNOLOGI FIREBASE PADA APLIKASI PENCARIAN LOKASI SERVICE KAMERA BERDASARKAN RATING BERBASIS ANDROID," 2017. [Online]. Available: https://eprints.akakom.ac.id/3916/

[6] G. P. Suárez-Cáceres, J. Lobillo-Eguíbar, V. M. Fernández-Cabanás, F. J. Quevedo-Ruiz, and L. Pérez-Urrestarazu, "Polyculture production of vegetables and red hybrid tilapia for self-consumption by means of micro-scale aquaponic systems," Aquacultural Engineering, vol. 95, p. 102181, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.aquaeng.2021.102181.

[7] N.-H. N. Yang and A. Yang, "Urban bioeconomy: Uncovering its components, impacts and the Urban Bio-Symbiosis," Cleaner Production Letters, vol. 3, p. 100015, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.clpl.2022.100015.

[8] C. Chaichana, A. Man, S. Wicharuck, Y. Mona, and D. Rinchumphu, "Modelling of annual sunlight availability on vertical shelves: A case study in Thailand," Energy Reports, vol. 8, pp. 1136–1143, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.07.077.

[9] P. Cooke, "Future Shift for 'Big Things': From Starchitecture via Agritecture to Parkitecture," Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity, vol. 7, no. 4, p. 236, Dec. 2021, doi: 10.3390/joitmc7040236.

[10] I. Ezzahoui, R. A. Abdelouahid, K. Taji, and A. Marzak, "Hydroponic and Aquaponic Farming: Comparative Study Based on Internet of things IoT technologies.," Procedia Computer Science, vol. 191, pp. 499–504, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.07.064.

[11] R. A. Safitri, "Smart Aquaponic: Pemberi Pakan Ikan Serta Pengontrol ph Otomatis Berbasis Energi Matahari dan Iot," Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering (a J I E E), vol. 6, no. 2, pp. 190–197, Aug. 2024, doi: 10.30604/jti.v6i2.261.

[12] S. Dongre, "Smart Aquaponics System," International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, vol. 11, no. 12, pp. 141–147, Dec. 2023, doi: 10.22214/ijraset.2023.57251.

[13] A. A. Ubaidillah, "SMART AQUAPONIK INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW)," INDEXIA Infomatic and Computational Intelligent Journal, vol. 4, no. 1, p. 59, Jun. 2022, doi: 10.30587/indexia.v4i1.2879.

[14] W. Anggraeni et al., "Pengenalan Sistem Aquaponik Cerdas untuk Memfasilitasi Kemampuan Mandiri pada Siswa Berkebutuhan Khusus di SLB," Sewagati, vol. 8, no. 2, pp. 1474–1484, Feb. 2024, doi: 10.12962/j26139960.v8i2.967.

[15] F. U. Nuha, Z. A. Rizal, and D. D. Permatasari, "SHONICNO (SMART GARDEN HOME AQUAPONIC BASED ARDUINO)," Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan, vol. 5, no. 1, pp. 25–30, Apr. 2019, doi: 10.25047/jtit.v5i1.75.

[16] H. M. A. El-Atty et al., "Photovoltaic-Powered Smart Aquaponic System: Integrating IoT and AI for Sustainable Food Production and Fish Health Management," 2022 International Telecommunications Conference (ITC-Egypt), pp. 799–805, Jul. 2024, doi: 10.1109/itc-egypt61547.2024.10620487.

[17] Z. Zulhelman, H. A. Ausha, and R. M. Ulfa, "PENGEMBANGAN SISTEM SMART AQUAPONIK," Jurnal Poli-Teknologi, vol. 15, no. 2, Mar. 2017, doi: 10.32722/pt.v15i2.848.

[18] B. Setiawan, S. Styawati, and S. Alim, "Implementasi Sistem IoT Pada Akuakultur Dan Hydroponik (Akuaponik) Modern Untuk Pertumbuhan Ikan Nila," Jurnal Informatika Jurnal Pengembangan IT, vol. 9, no. 1, pp. 47–53, Jan. 2024, doi: 10.30591/jpit.v9i1.5896.

[19] M. Odema, I. Adly, A. Wahba, and H. Ragai, "Smart Aquaponics System for Industrial Internet of Things (IIoT)," in Advances in intelligent systems and computing, 2017, pp.

844–854. doi: 10.1007/978-3-319-64861-3_79.

[20] B. Paul, S. Agnihotri, N. K. B, P. Tripathi, and N. N. B. C, "Sustainable Smart Aquaponics Farming Using IoT and Data Analytics," Journal of Information Technology Research, vol. 15, no. 1, pp. 1–27, Mar. 2022, doi: 10.4018/jitr.299914.

[21] R. H. Hardyanto and P. W. Ciptadi, "Smart Aquaponics Design Using Internet of Things Technology," IOP Conference Series Materials Science and Engineering, vol. 835, no. 1, p. 012026, Apr. 2020, doi: 10.1088/1757-899x/835/1/012026.