

RANCANG BANGUN SISTEM AKUAPONIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DENGAN MEMANFAATKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Aldi Julianto¹, Zakiyan Adiasyah¹, Eko Sulistyo¹, Badriyah¹

¹ Politeknik Manufaktur Bangka Belitung, Sungailiat
Corresponding Author : aldi Julianto2015@gmail.com

ABSTRAK

Akuaponik merupakan sistem budidaya yang mengintegrasikan ikan dan tanaman dalam satu ekosistem yang saling mendukung. Penelitian ini bertujuan merancang sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi utama. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor pH, DHT22, LDR, dan MQ-135 untuk melakukan pemantauan kondisi sistem secara real-time melalui aplikasi Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor pH memiliki rata-rata kesalahan sebesar 0,28%, sensor DHT22 mampu mengukur suhu dan kelembapan dengan baik, sedangkan sensor LDR dan MQ-135 mampu merespons perubahan intensitas cahaya dan kadar amonia sesuai kondisi pengujian. Pengujian PLTS menghasilkan daya maksimum sebesar 48 W, sehingga mampu memenuhi kebutuhan daya sistem. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan akuaponik secara real-time, memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi mandiri, serta berpotensi mendukung budidaya yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Akuaponik, *Internet of Things*, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, ESP32, DHT22.

ABSTRACT

Aquaponics is a cultivation system that integrates fish and plants into a mutually beneficial ecosystem. This study aims to design and develop an *Internet of Things* (IoT)-based aquaponics system powered by a Photovoltaic (PV) solar energy system as the primary energy source. The system employs an ESP32 microcontroller integrated with pH, DHT22, LDR, and MQ-135 sensors to monitor system conditions in real time through the Blynk application. The experimental results showed that the pH sensor achieved an average error of 0.28%, while the DHT22 sensor provided reliable temperature and humidity measurements. In addition, the LDR and MQ-135 sensors successfully responded to changes in light intensity and ammonia concentration under different testing conditions. The photovoltaic system produced a maximum output power of 48 W, which was sufficient to supply the electrical demand of the aquaponics system. These results indicate that the proposed system is capable of real-time monitoring while utilizing renewable solar energy as an independent power source, making it a promising solution for efficient and environmentally sustainable aquaponics management.

Keywords: Aquaponics, *Internet of Things*, Photovoltaic System, ESP32, DHT22.

1. PENDAHULUAN

Sistem akuaponik adalah metode pertanian yang menggabungkan budidaya ikan (akuakultur) dan pertanian tanpa tanah (hidroponik) dalam satu sistem yang saling terhubung (Chowdhury et al. 2025). Dalam sistem akuaponik, air yang mengandung nutrisi dari metabolisme ikan digunakan sebagai sumber nutrisi untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Setelah nutrisi ini diserap, tanaman membantu menyaring dan meningkatkan kualitas air sebelum dikembalikan ke kolam ikan (Ibrahim et al. 2023). Meskipun sistem akuaponik menawarkan banyak keuntungan, pengelolaan manual masih menghadirkan tantangan di lapangan. Petani biasanya harus secara teratur memantau parameter penting seperti pH air,

kadar amonia, kandungan nutrisi, dan kondisi lingkungan seperti cahaya dan kelembapan (Umar 2024).

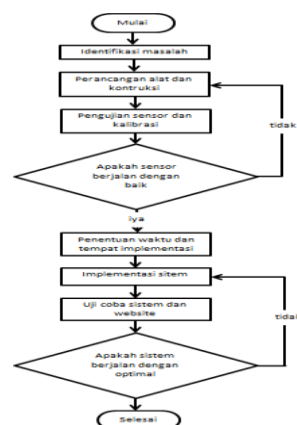
Penelitian ini mengembangkan sistem akuaponik cerdas berbasis IoT yang memanfaatkan sensor untuk secara otomatis memantau dan mengontrol parameter penting seperti pH, suhu, oksigen, dan kondisi air dalam sistem akuaponik. Sistem ini menunjukkan bahwa IoT dapat mengumpulkan data lingkungan secara real-time, yang kemudian digunakan untuk secara otomatis mengatur pertumbuhan tanaman, kesehatan ikan, dan mengoptimalkan produksi, sehingga mengurangi kebutuhan pemantauan manual (Mahmoud, Darwish, dan Bassiuny 2024a).

Dengan perkembangan teknologi pertanian cerdas, penggunaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) telah menjadi solusi untuk mendukung pengoperasian sistem akuaponik. Energi yang dihasilkan oleh panel surya dapat digunakan untuk memberi daya pada perangkat IoT dan sistem kontrol otomatis. Hal ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan secara *real-time*, seperti suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut, tanpa perlu pemantauan terus menerus. Selain meningkatkan efisiensi, implementasi teknologi ini juga berkontribusi pada penggunaan energi yang lebih bersih dan berkelanjutan (Mahmoud, Darwish, dan Bassiuny 2024a). Oleh karena itu, menggabungkan teknologi IoT dan PV surya dalam pengembangan sistem akuaponik otomatis merupakan langkah penelitian yang sangat tepat dan efektif. Menggabungkan keduanya dapat menghasilkan sistem yang lebih praktis untuk menggabungkan dan mengendalikan berbagai parameter lingkungan yang penting. Lebih lanjut, pemanfaatan energi matahari sebagai sumber daya utama juga mendukung pengoperasian sistem dalam jangka panjang, menjadikannya lebih hemat energi, mandiri, dan berkelanjutan secara lingkungan (Pringsewu n.d.).

Penelitian ini berfokus pada desain dan konstruksi sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi menggunakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai sumber energi utama. Tujuannya adalah untuk memberikan solusi yang lebih efisien. Sistem yang dikembangkan tidak hanya memantau parameter seperti pH, suhu, kelembapan dan kualitas air secara real-time, tetapi juga secara otomatis mengontrol pencahayaan berdasarkan data yang dibaca oleh sensor dan dikirim ke platform digital.

2. METODE

Pelaksanaan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Akuaponik Berbasis *Internet Of Things* Dengan Memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya”, penulis memiliki beberapa tahapan penelitian untuk mempermudah pembuatanya. Berikut adalah tahapan penelitian dalam bentuk *flowchart* pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

2.1 Identifikasi Masalah

Penelitian ini menggunakan metode desain dan pengembangan sistem. Metode

ini berfokus pada proses pembuatan, pengujian, dan penyempurnaan sistem untuk memenuhi kebutuhan yang telah ditentukan. Proses penelitian dilakukan secara bertahap, dari identifikasi masalah hingga evaluasi akhir. Jika pada tahap mana pun sistem tidak berkinerja optimal, perbaikan akan dilakukan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.

2.2 Perancangan Alat dan Konstruksi

Perancangan alat dan konstruksi dilakukan sebagai tahap awal dalam menciptakan sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pada tahap ini, dirancang struktur mekanik yang kokoh dan mampu menopang semua komponen sistem, seperti panel surya, akuarium, instalasi hidroponik, sensor, pompa air, dan perangkat kontrol berbasis ESP32. Kerangka dibuat menggunakan material besi berongga yang memiliki kekuatan dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan eksternal. Selain itu, panel surya dipasang pada sudut tertentu agar dapat menyerap energi matahari secara optimal, sedangkan instalasi hidroponik diatur menggunakan pipa PVC bertingkat untuk mendukung sirkulasi udara yang efisien. Tata letak setiap komponen dirancang untuk mempermudah proses instalasi dan perawatan, serta memastikan sistem bekerja secara terintegrasi dan stabil. Hasil dari tahap perancangan ini berfungsi sebagai referensi dalam proses fabrikasi dan perakitan sehingga sistem yang dibangun dapat beroperasi sesuai dengan tujuan penelitian.

2.3 Pengujian Sensor dan Kalibrasi

Sebelum sistem benar-benar digunakan, beberapa langkah harus diambil untuk memastikan semuanya berjalan dengan akurat dan mengukur dengan benar.

- sensor pH dikalibrasi dengan mencelupkannya ke dalam larutan standar dengan tingkat keasaman yang telah ditentukan: pH 4, 7, dan 10. Ini memastikan sensor dapat membaca nilai pH secara akurat.
- sensor DHT22 dicocokkan dengan referensi yang akurasinya telah diuji. Jadi, jika referensi di nilai 30 derajat, sensor juga harus membaca hal yang sama.
- sensor amonia diuji di lokasi di mana kadar amonia diketahui secara tepat. Dengan cara ini, sensor dapat belajar mengenali konsentrasi gas yang sebenarnya di udara.
- seluruh sistem diuji secara bersamaan. Sensor, pompa, lampu, koneksi internet, dan aplikasi Blynk dijalankan secara bersamaan untuk memastikan tidak ada kesalahan atau masalah selama pengoperasian.

2.4 Penentuan Waktu dan Tempat Implementasi

Pengumpulan data dilakukan dari tanggal 21 Juni hingga 10 Juli 2026. Proses pengumpulan data berlangsung di dua lokasi: Desa Nanggung dan Taman Sari, Kota Sungailiat, Kabupaten Bangka. Data dikumpulkan secara bertahap pada berbagai waktu pengamatan untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif terhadap kondisi lingkungan. Selama proses pengujian, semua parameter sistem dipantau dan dicatat sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Hasil pengumpulan data kemudian digunakan sebagai dasar untuk menganalisis kinerja sistem akuaponik berbasis IoT yang memanfaatkan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

2.5 Implementasi Sistem

Pada implementasi sistem tahap di mana desain diimplementasikan langsung di lapangan. Sederhananya semua perangkat yang dirancang dipasang, seperti sensor, mikrokontroler (misalnya, ESP32), dan komponen pendukung lainnya. Sistem dirakit dan dihubungkan, baik dari segi perangkat maupun program. Program kemudian dimuat ke dalam perangkat sehingga sistem dapat berjalan secara otomatis. Sistem transmisi data, seperti ke situs web atau aplikasi pemantauan, diaktifkan. Situs web atau tampilan pemantauan digunakan untuk menampilkan data dari sensor. Setelah semuanya terpasang dan berjalan, sistem tidak langsung dianggap

selesai. Pengujian masih diperlukan untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik. Pada intinya, Implementasi sistem adalah tahap mengimplementasikan hasil desain ke dalam sistem nyata yang siap digunakan.

2.6 Uji Coba Sitem dan Website

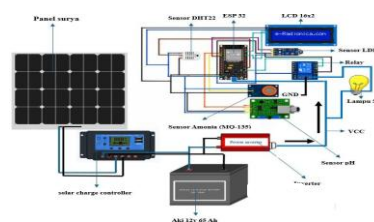
Pada tahap ini dilakukan untuk memastikan bahwa semua bagian sistem, baik alat maupun perangkat lunak (termasuk situs web), berjalan sesuai dengan rencana. Sederhananya, uji sistem dilakukan sebagai berikut:

- Sistem yang terpasang dijalankan secara keseluruhan. Sensor, perangkat kontrol, dan transmisi data diperiksa untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik. Data yang ditampilkan, seperti pH air, suhu, atau ketinggian air, diperiksa untuk memastikan sesuai dengan kondisi aktual.
- Situs web atau tampilan pemantauan diperiksa untuk memastikan data ditampilkan dengan benar dan secara real-time. Selain itu, diperiksa juga adanya kesalahan, penundaan data, atau peralatan yang tidak berfungsi.
- Setelah itu, fase evaluasi dimulai. Jika sistem tidak berfungsi dengan baik, sistem tersebut diperbaiki dan kemudian diuji ulang. Jika sistem berfungsi dengan baik, proses berhasil dan dapat dianggap selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rangkaian Elektronika Sistem Kontrol Lampu

Sistem yang dirancang dalam penelitian ini adalah sistem akuaponik berbasis IoT yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber daya utama. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya pertama-tama diatur oleh pengontrol *solar charge controller* (SCC) untuk memastikan pengisian baterai yang aman dan optimal. Energi ini kemudian disimpan dalam baterai 12V 65Ah dan digunakan untuk memberi daya pada semua perangkat dalam sistem melalui inverter. Pemanfaatan energi matahari ini memungkinkan sistem untuk beroperasi secara mandiri tanpa sepenuhnya bergantung pada listrik PLN, sehingga mengurangi biaya operasional dan mendukung konsep energi ramah lingkungan.

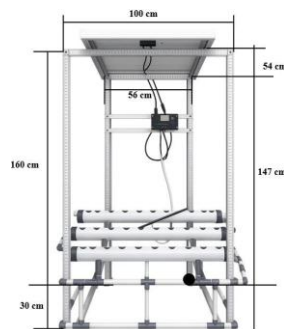


Gambar 2. Rangkaian Kontrol Sistem Akuaponik

Sistem kontrol dan pemantauan dilakukan oleh mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke beberapa sensor. Sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembaban di sekitar instalasi, sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya, sensor pH menjaga tingkat keasaman udara, dan sensor MQ-135 mendeteksi kualitas udara dan keberadaan gas tertentu seperti amonia, serta LCD digunakan untuk memonitoring. Data dari semua sensor diproses oleh ESP32 dan dikirim secara *real-time* ke platform IoT, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi sistem dari mana saja. Dengan sistem pemantauan otomatis ini, pengelolaan lingkungan akuaponik dapat dilakukan dengan lebih mudah, cepat, dan efisien sehingga kondisi ikan dan tanaman tetap terjaga dengan baik.

3.2 Desain Rancang bangun Alat

Gambar 3 memperlihatkan desain mekanik sistem akuaponik berbasis IoT yang memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi utama. Rangka utama dirancang dengan tinggi tiang depan 160 cm dan tinggi tiang belakang 147 cm, sehingga terbentuk kemiringan sebesar 13 cm. Kemiringan ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas penyerapan cahaya matahari oleh panel surya sekaligus memudahkan air hujan mengalir sehingga tidak menumpuk di permukaan panel. Jarak antara tiang depan dan tiang belakang adalah 54 cm yang berfungsi sebagai lebar dudukan panel surya. Selain itu, terdapat rangka bagian dalam dengan lebar 56 cm yang disiapkan sebagai tempat pemasangan berbagai komponen elektronik, seperti *solar charge controller* (SCC) dan perangkat pendukung lainnya agar sistem dapat beroperasi dengan baik dan tertata rapi.

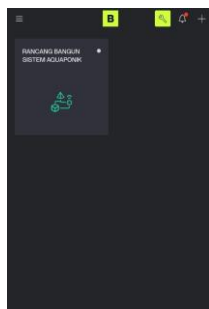


Gambar 3. Rancangan mekanik

Di bagian bawah konstruksi rangka, dipasang instalasi hidroponik, yang berfungsi sebagai media tanam. Semua komponen sistem ditopang oleh rangka utama yang tingginya sekitar 30 cm di atas permukaan tanah. Ruang di bawahnya digunakan untuk menampung kolam ikan dengan ukuran panjang 100 cm dengan lebar 50 cm, pompa air, dan pipa yang mendukung sistem sirkulasi akuaponik. Bagian atas rangka memiliki panjang sekitar 100 cm dan lebar dirancang untuk menampung ukuran panel surya yang digunakan. Dengan rencana ini, panel surya, perangkat pemantauan berbasis IoT, dan instalasi akuaponik dapat diintegrasikan ke dalam sistem yang rapi, kokoh, dan hemat ruang, sehingga mendukung proses budidaya ikan dan tanaman secara lebih efektif dan berkelanjutan.

3.3 Tampilan Awal Aplikasi *Blynk*

Saat aplikasi dibuka, pengguna langsung dibawa ke halaman dasbor dengan tema gelap (*dark mode*) yang memberikan kesan modern dan nyaman untuk mata. Di layar utama terdapat panel proyek bernama "TUGAS AKHIR AKUAPONIK". Panel ini mewakili sistem akuaponik yang telah terhubung ke program ESP32. Tepat di bawah nama proyek terdapat status "*Offline*", yang menunjukkan bahwa perangkat IoT tidak terhubung ke internet atau belum berkomunikasi dengan server *Blynk*. Di tengah panel terdapat ikon perangkat IoT yang menggambarkan koneksi antara sensor atau mikrokontroler ke jaringan. Sementara itu, indikator berbentuk titik di pojok kanan atas menunjukkan status perangkat yang saat ini tidak aktif.



Gambar 4. Tampilan Awal Aplikasi Monitoring

3.4 Tampilan Monitoring Alat

Gambar 5 memperlihatkan halaman monitoring pada aplikasi Blynk yang digunakan untuk memantau kondisi sistem akuaponik. Tampilan aplikasi menggunakan tema gelap (*dark mode*) yang dipadukan dengan warna-warna cerah pada setiap indikator sehingga informasi yang ditampilkan dapat terlihat dengan jelas. Pada bagian atas terdapat nama proyek beserta beberapa ikon yang berfungsi untuk navigasi dan pengaturan aplikasi.



Gambar 5. Tampilan Monitoring Alat

Sementara itu, bagian utama halaman menampilkan beberapa indikator berbentuk gauge yang mewakili data dari berbagai sensor yang digunakan dalam sistem. Setiap indikator disusun secara terpisah dan rapi sehingga pengguna dapat melihat kondisi masing-masing parameter dengan lebih mudah. Pada bagian bawah halaman terdapat tombol kontrol yang digunakan untuk mengendalikan lampu secara manual melalui *smartphone*, sehingga pengguna dapat menyalakan atau mematikan lampu sesuai kebutuhan. Dengan tampilan tersebut, pengguna dapat melakukan pemantauan sekaligus pengendalian sistem akuaponik secara praktis dari jarak jauh menggunakan perangkat seluler.

3.5 Hasil Pengujian Sensor pH

pH air adalah parameter yang menunjukkan jumlah ion hidrogen (H^+) yang ada di suatu lingkungan. Oleh karena itu, pH dapat menggambarkan keasaman atau kebasaannya pada skala 0 hingga 14. Nilai pH di bawah 7 menunjukkan kondisi asam, nilai sekitar 7 netral, dan nilai di atas 7 menunjukkan kondisi basa. Dari perspektif kimia, perubahan satu digit pada skala pH mewakili perubahan hingga sepuluh kali lipat dalam konsentrasi ion H^+ (Lokman, Zakiah, dan Ismail 2025).

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor pH

NO	Serbuk Kalibrasi	Sensor ph	pH meter	Error
1	Larutan Buffer 1	4.0 ppm	4.01 ppm	0.25 %
2	Larutan Buffer 2	7.1 ppm	7.0.8 ppm	0.28 %
3	Larutan Buffer 3	9.6 ppm	9.57 ppm	0.31 %
Rata-Rata				0.28 %

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan dalam tabel, sensor pH dikalibrasi dan diuji menggunakan tiga larutan buffer standar: pH 4,01, pH 7,08, dan pH 9,57. Akurasi sensor dievaluasi dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan pH meter yang digunakan sebagai alat referensi. Persentase kesalahan dihitung menggunakan persamaan:

$$Error = \frac{|X - X_{Ref}|}{X_{Ref}} \times 100\% \text{ (Maulana dan Rohman 2026)}$$

X Ref

Ket:

X = nilai hasil pengukuran sensor X Ref = nilai alat referensi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada larutan buffer pH 4,01 sensor menghasilkan

nilai 4,0 dengan persentase kesalahan sebesar 0,25%. Pada larutan buffer pH 7,08 sensor membaca nilai 7,1 dengan kesalahan 0,28%, sedangkan pada larutan buffer pH 9,57 sensor menghasilkan nilai 9,6 dengan kesalahan 0,31%. Berdasarkan ketiga pengujian tersebut, diperoleh nilai kesalahan rata-rata sebesar 0,28%, yang menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mengukur pH air.

Nilai kesalahan yang relatif kecil menunjukkan bahwa proses kalibrasi sensor telah berjalan dengan baik sehingga hasil pengukuran mendekati nilai yang diperoleh dari pH meter sebagai alat referensi. Perbedaan pembacaan yang sangat kecil tersebut masih berada dalam batas toleransi untuk aplikasi pemantauan kualitas air berbasis IoT. Hasil ini juga menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan data yang stabil dan konsisten sehingga layak digunakan untuk pemantauan pH secara real-time pada sistem akuaponik.

3.6. Hasil Pengujian Sensor DHT22

Sensor suhu DHT22 adalah sensor digital yang sering digunakan dalam sistem pemantauan lingkungan karena dapat mengukur suhu dan kelembaban secara bersamaan dengan antarmuka digital yang sederhana. Sensor ini bekerja dengan menggunakan termistor untuk mendeteksi suhu dan kapasitor polimer untuk mengukur kelembaban. Data kemudian diproses menjadi sinyal digital oleh mikrokontroler di dalam sensor (Atanu Das 2024).

Tabel 2 . Hasil Pengujian Sensor DHT22

No	Waktu	Sensor DHT 22		Parameter Cuaca	
		Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
1	09.00 wib	29 °	87%	29°	88%
2	11.00 wib	31 °	83%	32°	82%
3	14.30 wib	30 °	92%	30°	90%
4	15.30 wib	31 °	86%	27°	90%
5	16.00 wib	30 °	88%	26°	91%

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian sensor DHT22 dalam mengukur suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian di Nanggung, Sungailiat. Data yang diperoleh merupakan pengukuran waktu nyata, yang kemudian dibandingkan dengan data prakiraan cuaca sebagai referensi. Perbandingan ini bertujuan untuk menentukan sejauh mana pembacaan sensor sesuai dengan kondisi lingkungan yang diprediksi. Penting untuk dipahami bahwa sensor merekam kondisi langsung di titik pengukuran, sedangkan data prakiraan cuaca adalah prediksi yang menggambarkan kondisi umum suatu daerah, sehingga perbedaan nilai dapat terjadi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu yang diukur oleh sensor DHT22 berada dalam kisaran 29°C hingga 31°C, sedangkan data prakiraan cuaca menunjukkan kisaran 26°C hingga 32°C. Pada pukul 09.00 WIB dan 14.30 WIB, pengukuran sensor sesuai dengan data prakiraan, yaitu masing-masing 29°C dan 30°C. Sementara itu, pada pukul 11:00 WIB, terdapat perbedaan 1°C, sedangkan pada pukul 15:30 dan 16:00 WIB, sensor mencatat suhu sedikit lebih tinggi daripada data prakiraan cuaca. Perbedaan ini dianggap normal, karena kondisi lingkungan dapat berubah dengan cepat dan tidak selalu dapat diprediksi secara akurat oleh data cuaca.

Hasil Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi utamanya untuk menghasilkan listrik. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan panel surya yang terdiri dari sel fotovoltaik (PV), di mana material semikonduktor di dalamnya dapat mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC) (Windarto et al. 2024). implementasi pembangkit listrik tenaga surya yang terhubung ke jaringan listrik di berbagai institusi menunjukkan bahwa sistem ini dapat menghasilkan listrik dalam jumlah signifikan dengan efisiensi tinggi. Hal ini menjadikannya solusi yang layak untuk mendukung transisi menuju penggunaan energi yang lebih bersih dan ramah lingkungan (Gusmedi et al. 2025).

Tabel 3. Hasil Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya							
waktu	tgl	V panel	I panel	Daya	Suhu	V baterai	Ket
09.30 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	1,8 A	25,6 W	39°C	12,4 V	Cerah
10.00 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	3,5 A	49,7 W	38°C	13,2 V	Cerah
10.30 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	3,7 A	52,5 W	39°C	13,5 V	Cerah
11.00 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	3,7 A	52,5 W	40°C	13,6 V	Cerah
11.30 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	3,6 A	51,1 W	41°C	13,2 V	Cerah
12.00 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	3,3 A	46,8 W	41°C	13,3 V	Cerah
12.30 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	3,4 A	48,3 W	41°C	13,3 V	Cerah
13.00 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	3,6 A	51,1 W	41°C	13,3 V	Cerah
13.30 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	3,4 A	48,3 W	41°C	13,4 V	Cerah
14.00 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	3,2 A	45,4 W	40°C	13,4 V	Cerah
14.30 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	2,9 A	41,1 W	40°C	13,3 V	Cerah
15.00 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	2,7 A	38,3 W	39°C	13,3 V	Cerah
15.30 wib	Sen, 21 jun	14,2 V	2,4 A	34 W	39°C	13,2 V	Cerah

Keterangan:

C : Cerah

B : Berawan

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 3, kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mengalami perubahan keluaran daya yang dipengaruhi oleh intensitas penyinaran matahari selama waktu pengamatan. Pada pukul 09.30 WIB, panel surya menghasilkan arus sebesar 1,8 A dengan daya 25,6 W. Seiring meningkatnya intensitas sinar matahari menuju siang hari, arus keluaran panel meningkat hingga 3,7 A pada pukul 10.30 WIB dan 11.00 WIB, sehingga daya yang dihasilkan mencapai nilai maksimum sebesar 52,5 W. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan intensitas radiasi matahari berbanding lurus dengan peningkatan arus dan daya keluaran panel surya (Deceased, Beckman, dan Blair n.d. 2020). yang menyatakan bahwa performa modul fotovoltaik sangat dipengaruhi oleh besarnya radiasi matahari yang diterima (Deceased, Beckman, dan Blair n.d.) Memasuki siang hingga sore hari, keluaran daya panel mulai mengalami penurunan secara bertahap. Pada pukul 12.00 WIB daya yang dihasilkan tercatat sebesar 46,8 W, kemudian terus berkurang hingga mencapai 34 W pada pukul 15.30 WIB. Penurunan tersebut disebabkan oleh berkurangnya intensitas penyinaran matahari pada sore hari. Meskipun tegangan panel tetap stabil pada 14,2 V, arus keluaran menurun dari 3,6 A menjadi 2,4 A, sehingga daya yang dihasilkan juga ikut berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan daya keluaran panel lebih dipengaruhi oleh besarnya arus yang dihasilkan daripada perubahan tegangan panel. Selama pengujian berlangsung, tegangan baterai berada pada kisaran 12,4– 13,6 V. Nilai tersebut menunjukkan bahwa energi listrik yang dihasilkan panel surya tidak hanya mampu mengisi baterai, tetapi juga memenuhi kebutuhan daya sistem secara bersamaan. Tegangan baterai mengalami peningkatan ketika panel menghasilkan daya maksimum, kemudian relatif stabil pada rentang 13,2–13,4 V selama proses pengisian. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem PLTS mampu menjaga kontinuitas suplai energi untuk mendukung operasional perangkat.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menyediakan energi listrik yang cukup untuk mengoperasikan sistem akuaponik berbasis IoT. Daya maksimum sebesar 52,5 W yang diperoleh pada kondisi cuaca cerah menunjukkan bahwa panel surya bekerja secara optimal. Penurunan daya pada sore hari merupakan karakteristik normal sistem fotovoltaik akibat berkurangnya intensitas radiasi matahari. Oleh karena itu, PLTS yang digunakan memiliki potensi sebagai sumber energi utama yang andal untuk mendukung sistem akuaponik berbasis IoT secara mandiri dan berkelanjutan (Mahmoud, Darwish, dan Bassiuny 2024).

3.7. Hasil Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor LDR dilakukan untuk menentukan seberapa baik sensor mendeteksi perubahan tingkat cahaya sekitar. Data yang dihasilkan dari sensor digunakan untuk mengamati respons sensor baik dalam kondisi terang maupun gelap, sekaligus memastikan bahwa sistem kontrol beroperasi sesuai rencana. Pengujian ini mengungkapkan hubungan antara intensitas cahaya yang terdeteksi dan kondisi pencahayaan yang dikendalikan oleh sistem. Hasil uji sensor DHT22 disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Data Pengujian Sensor LDR

No	Intensitas Cahaya(LUX)	Kondisi Lampu
1	3012 LUX	ON
2	374 LUX	OFF

Sumber : Data Primer

Berdasarkan hasil pengujian, sensor LDR mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya di lingkungan secara efektif. Ketika intensitas cahaya yang terdeteksi mencapai 3012 lux, sistem mengaktifkan lampu, sedangkan pada intensitas cahaya 374 lux, lampu dimatikan. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor dapat merespons perubahan tingkat pencahayaan dengan tepat dan beroperasi sesuai dengan kontrol yang diterapkan dalam sistem. Lampu LED berwarna ungu berfungsi sebagai sumber pencahayaan tambahan yang menyediakan spektrum cahaya merah dan biru, sehingga mampu mendukung proses fotosintesis serta meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Maulana dan Rohman 2026). Hasil ini menunjukkan bahwa logika kontrol pada ESP32 berhasil dijalankan dengan baik. Sistem mampu merespons perubahan intensitas cahaya secara otomatis sehingga lampu grow light hanya aktif saat cahaya alami tidak mencukupi. Mekanisme ini meningkatkan efisiensi penggunaan energi PLTS.

Hasil Pengujian Sensor Amonia (MQ-135)

Kadar amonia (NH_3) merupakan indikator penting dalam menilai kualitas lingkungan perairan, baik di air limbah maupun perairan alami, karena kadar amonia berkaitan erat dengan aktivitas biologis dan tingkat pencemaran organik. Amonia sendiri dihasilkan dari dekomposisi bahan organik yang mengandung nitrogen (Alkindi, Budiono, dan Al-Islami 2023). Pengujian sensor MQ-135 dilakukan untuk menentukan kinerjanya dalam mendeteksi perubahan kadar gas amonia di lingkungan sekitar. Proses pengujian dilakukan dalam beberapa kondisi dengan tingkat konsentrasi amonia yang berbeda untuk mengamati respons sensor terhadap setiap perubahan. Data pembacaan kemudian dianalisis untuk menentukan tingkat respons, stabilitas, dan konsistensi sensor selama proses pengukuran. Hasil uji sensor MQ-135 disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 5. Data Pengujian Sensor Amonia

NO	Kondisi Pengujian	Kualitas Udara (PPM)
1	Air bersih	0.07 PPM
2	Larutan pelet Ikan	0.11 PPM
3	Gas Korek 20 Second	0.31 PPM
4	Bygon	297.76 PPM

Berdasarkan hasil pengujian, sensor MQ-135 mampu merespons perubahan konsentrasi gas pada setiap kondisi pengujian. Nilai pembacaan meningkat dari 0,07 ppm pada air bersih menjadi 0,11 ppm pada larutan pelet ikan, 0,31 ppm pada gas korek api, dan mencapai 297,76 ppm pada pengujian menggunakan Bygon. Peningkatan nilai pembacaan tersebut menunjukkan bahwa sensor memiliki sensitivitas yang baik terhadap perubahan konsentrasi gas di lingkungan. Nilai yang sangat tinggi pada pengujian menggunakan Bygon disebabkan oleh kandungan

senyawa volatil yang terdeteksi oleh sensor MQ-135, sehingga menghasilkan respons yang jauh lebih besar dibandingkan kondisi pengujian lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor mampu membedakan tingkat konsentrasi gas pada berbagai kondisi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai perangkat pemantauan kualitas udara secara real-time pada sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan desain, implementasi, dan hasil pengujian, sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi utama telah berhasil dikembangkan dan berfungsi sesuai rencana. Sistem ini mampu memantau kondisi udara dan lingkungan secara real-time, termasuk pH, suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan konsentrasi gas yang dideteksi oleh sensor MQ-135 melalui aplikasi Blynk. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk menjaga kondisi sistem dari jarak jauh, sehingga proses manajemen menjadi lebih praktis dan efisien. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor pH memiliki tingkat kesalahan rata-rata 0,28%, sedangkan sensor lain memberikan respons yang baik sesuai dengan kondisi pengujian. Di sisi lain, sistem PLTS mampu menghasilkan daya maksimum 52,5 W, Sehingga kebutuhan energi semua perangkat dapat terpenuhi selama pengoperasian sistem. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan berpotensi untuk diimplementasikan sebagai solusi pemantauan akuaponik yang efisien, memanfaatkan sumber energi terbarukan secara optimal, dan mendukung pengembangan budidaya yang lebih berkelanjutan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bangka Belitung, para dosen pembimbing, serta teman-teman atas dukungan, bimbingan, dan motivasi yang diberikan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkindi, Fawandi Fuad, Ryanto Budiono, dan Fikri Nur Al-Islami. 2023. "Pengujian Analisis Kadar Amonia Dalam Air Sungai Di Daerah Industri Sier Surabaya Menggunakan Metode Fenat Secara Spektrofotometri Visible." *MEDFARM: Jurnal Farmasi dan Kesehatan* 12(2): 181–89. doi:10.48191/medfarm.v12i2.234.
- Chowdhury, Alvi Khan, Sarah'Atifah Saruchi, Ammar A.M. Al-Talib, Abdirisak Mubarik Muhumed, Teh Boon Hong, Pavindran A.L. Shanmugavel, Annanurov Kerim, dan Ng Weng Kent. 2025. "Solar-Powered IoT-Based Smart Aquaponic System for Sustainable Agriculture." *Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics*: 382–86. doi:10.5954/icarob.2025.os13-1.
- Das, Atanu. 2024. "pH-Sensitive Ultra-thin Oxide-Liquid Metal System: Understanding the Fundamental Sensing Mechanism." : 1–15. <http://arxiv.org/abs/2007.09843>.
- Deceased, John A Duffie, William A Beckman, dan Nathan Blair. "of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind of Thermal Processes , Photovoltaics and Wind University of Wisconsin – Madison."
- Gusmedi, Herri, Rizki Pratama Putra, Ahmad Saudi Samosir, Universitas Lampung, dan Kota Bandar Lampung. 2025. "Desain Pembangkit Listrik." 13(1).
- Ibrahim, Lubna A., Hiba Shaghaleh, Gamal Mohamed El-Kassar, Mohamed Abu-Hashim, Elsayed Ahmed Elsadek, dan Yousef Alhaj Hamoud. 2023. "Aquaponics: A Sustainable Path to Food Sovereignty and Enhanced Water Use Efficiency." *Water (Switzerland)* 15(24). doi:10.3390/w15244310.
- Lokman, Amar, Wan Zakiah, dan Wan Ismail. 2025. "A Review of Water Quality Forecasting and Classification Using Machine Learning Models and Statistical Analysis." : 1–31.
- Mahmoud, M. M.M., Rania Darwish, dan A. M. Bassiuny. 2024a. "Development of an economic smart aquaponic system based on IoT." *Journal of Engineering Research*

- (Kuwait) 12(4): 886–94. doi:10.1016/j.jer.2023.08.024.
- Mahmoud, M M M, Rania Darwish, dan A M Bassiuny. 2024b. “Development of an economic smart aquaponic system based on IoT.” *Journal of Engineering Research* 12(4): 886–94. doi:10.1016/j.jer.2023.08.024.
- Maulana, Muhammad Rizqi, dan Miftahur Rohman. 2026. “IoT System Design for Dragon Fruit Plants Lighting and Watering Automation Using Fuzzy Method.” 9(1): 7–13.
- Pringsewu, Universitas Aisyah. “Volume 6 Issue 2 Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering SMART AQUAPONIC : PEMBERI PAKAN IKAN SERTA PENGONTROL PH Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering.” 6(2): 190–97.
- Umar, Ubaidillah. 2024. “Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Ph, Suhu Air Dan Tds Pada Sistem Akuaponik Berbasis Internet of Things (Iot).” *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)* 10(1): 19. doi:10.31884/jtt.v10i1.557.
- Windarto, Danang Alif, Muhammad Umar Chamdan, Gawiya Yudha, Ikhwannuraziz Hadipradana, dan Djoko Santoso. 2024. “Analisis Pengaruh Cuaca Terhadap Efektivitas Kinerja Produksi Energi Listrik PLTS On-Grid pada Laboratorium Listrik dan Mekanik 1 PPSDM Migas.” *Majalah Ilmiah Swara Patra* 14(2): 131–38.