

Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Lele Berbasis IOT Dengan Sistem Tenaga Hibrida

Amalia Herlina¹, Moh. Soif Ardiansah², Ridhwan Fadilah³, Susilo Alif Hidayat Maha Putra⁴

¹Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Nurul Jadid
Probolinggo, Indonesia
corresponding author(s): amalia@unuja.ac.id

Abstrak-- Sistem monitoring kualitas air kolam lele berbasis Internet of Things (IoT) ini dilakukan untuk merancang bangun sebuah sistem monitoring untuk membantu peternak lele melakukan pemantauan kualitas air kolam lele secara efektif. Pemantauan ini dilakukan agar tingkat hidup ikan lele semakin meningkat sehingga diperoleh hasil panen yang optimal. Hal ini sejalan dengan kebijakan Kementerian Kelautan dan Perikanan (DKP) yang menetapkan ikan lele sebagai salah satu dari 10 komoditas unggulan budidaya perikanan. Permasalahan dalam penelitian ini diselesaikan melalui pelaksanaan tahapan penelitian terdiri dari empat tahap yaitu 1) Tahap Studi Pendahuluan, 2) Desain dan Perancangan Alat, 3) Pembuatan Alat dan 4) Pengujian Alat. Sistem monitoring yang dibuat menggunakan sensor suhu DS18B20 dan sensor pH. Mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP32, sedangkan platform IoT yang digunakan adalah Blynk 2.0. Sistem tenaga hibrida yang diimplementasikan berasal dari listrik PLN dan tenaga surya. Dari hasil pengujian alat dapat diketahui bahwa performa tenaga surya tertinggi terjadi pada siang hari. Tingkat akurasi pada pembacaan sensor suhu jika dibandingkan dengan pembacaan manual menunjukkan nilai yaitu sebesar 99,9%, sedangkan tingkat akurasi pada pembacaan sensor pH sebesar 99,8%. Selanjutnya, dari pengujian konektivitas internet diketahui bahwa jangkauan pembacaan alat maksimal sejauh 20 meter. Dari segi perhitungan efisiensi biaya, maka penggunaan alat sistem monitoring ini memunculkan penghematan biaya sebesar Rp. 2.700,- per kolam per bulan

Kata kunci— internet of things, sistem monitoring, sistem tenaga hibrida, ternak lele.

Abstract-- This research aims to develop an IoT-based monitoring system to enhance catfish farming practices. By effectively monitoring water quality parameters, such as temperature and pH, catfish farmers can optimize the survival rate and yield of their fish. This aligns with the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries' policy of prioritizing catfish as a key commodity in aquaculture. The research involved four stages: preliminary study, tool design and planning, tool making, and tool testing. The monitoring system utilizes a DS18B20 temperature sensor and a pH sensor, controlled by a NodeMCU ESP32 microcontroller. The system leverages a hybrid power source, combining PLN electricity and solar power. Testing results demonstrated high accuracy: the temperature sensor achieved 99.9% accuracy compared to manual readings, while the pH sensor reached 99.8% accuracy. The system's maximum wireless communication range was found to be 20 meters. Economically, this monitoring system can reduce costs by up to Rp. 2,700 per pond per month.

Keywords— internet of things, monitoring system, hybrid power system, catfish farming.

I. PENDAHULUAN

Kementerian Kelautan dan Perikanan (DKP) telah menetapkan ikan lele sebagai salah satu dari 10 komoditas budidaya perikanan yang pengembangannya diunggulkan dan masuk pada program Pengembangan Kawasan Komoditas Unggulan [1], [2]. Saat ini, DKP sedang berupaya untuk membuat komoditas lele mampu menembus pasar ekspor. Tingkat produktivitas peternakan lele sangat dipengaruhi oleh kualitas air kolam. Parameter kualitas air yang berpengaruh diantaranya suhu dan pH air pada kolam lele [3], [4]. Hasil studi lapangan yang dilakukan sebagai tahap awal penelitian di peternakan lele Desa Sukodadi, Probolinggo, Jawa Timur, menunjukkan bahwa kegiatan pemantauan kualitas air (khususnya pemantauan parameter suhu dan pH air kolam lele), dilakukan secara manual oleh peternak lele dengan cara datang langsung ke lokasi.

Dari hasil wawancara dengan peternak lele, diketahui kebutuhan yang menjadi urgensi pada peternakan lele. Urgensi pertama adalah kebutuhan peternak lele terhadap alat monitoring untuk memantau parameter kualitas air, dan memungkinkan peternak menerima data suhu dan pH air kolam lele secara otomatis, *real time*, tanpa harus datang ke lokasi. Pemantauan ini penting untuk menjaga kualitas air kolam lele secara efektif, dan untuk mengambil tindakan tepat dan segera, agar ikan yang dipelihara tetap sehat. Dengan demikian, peternak lele dapat mendapatkan hasil panen yang maksimal. Selanjutnya terdapat urgensi kedua yaitu kebutuhan alat yang efisien yang dapat menghemat penggunaan listrik PLN. Peternak lele mengharapkan, agar implementasi alat monitoring otomatis ini tidak menambah beban biaya pengelolaan peternakan lele.

Memperhatikan dua urgensi pada uraian di atas, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini yaitu bagaimana melakukan rancang bangun sistem monitoring kualitas air kolam lele berbasis *internet of thing* (IoT) menggunakan sistem tenaga hibrida. Sistem monitoring ini digunakan untuk memantau parameter suhu dan pH air kolam lele. Alat yang akan dibangun ini berbasis *internet of thing* (IoT), bertujuan untuk memberi solusi untuk permasalahan yang menjadi urgensi pertama dari peternak lele. Selanjutnya, untuk menjawab urgensi yang kedua tentang efisiensi biaya, maka alat monitoring ini menggunakan sistem tenaga hibrida (menggunakan energi listrik PLN dan energi surya).

Teknologi IoT pada perkembangannya saat ini telah banyak diimplementasikan untuk bidang peternakan dan pertanian. Khususnya pada peternakan lele, implementasi teknologi berbasis IoT dapat digunakan pada alat berupa sistem monitoring kualitas air kolam lele. Implementasi teknologi ini memungkinkan peternak melakukan kegiatan pemantauan kualitas air kolam secara otomatis melalui sensor-sensor terpasang yang mengirimkan data secara *real time* ke *smartphone* peternak, tanpa harus hadir ke lokasi. Selanjutnya, penggunaan sumber energi hibrida pada alat tersebut dapat menekan biaya penggunaan alat (efisien biaya listrik PLN) karena menggunakan EBT [5], [6]. Hal ini, sejalan dengan Rencana Induk Riset Nasional 2017-2045, tentang penggunaan energi baru terbarukan (EBT) agar terwujud kondisi mandiri energi [7], [8].

Suhu ideal kolam lele yang dapat mendukung pertumbuhan dan kesehatan lele secara optimal adalah 25-30°C. Sedangkan pH kolam ikan lele yang ideal berada pada rentang 6,5-8,5 [9], [10]. Kondisi cuaca sehari-hari berpengaruh pada suhu air kolam ikan lele. Sedangkan pH air kolam lele dipengaruhi antara lain dari suhu air dan juga beberapa faktor lain seperti bahan organik yang terurai, nutrisi dan pupuk, kandungan mineral, pengapuran, dan lain-lain. Untuk mempertahankan kesehatan lele, maka kondisi air kolam ikan lele harus dipantau secara rutin agar kualitas air terjaga. Agar lele dapat tumbuh dengan optimal, peternak lele harus melakukan kegiatan monitoring kondisi air secara intensif. Pada pembudidayaan ikan lele, peternak dapat melakukan panen pertama saat lele di dalam kolam berusia 75 hari. Untuk itu, diperlukan perhatian lebih pada kolam pembesaran khususnya dalam pemantauan kualitas air dan ukuran pemberian pakan yang tepat [11], [12].

Memperhatikan situasi dan kondisi yang telah diuraikan di atas, sistem monitoring yang dirancang bangun pada penelitian ini yaitu sistem monitoring kualitas air kolam lele berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler. Komponen ini dipilih karena dapat terkoneksi langsung dengan jaringan WiFi. Sensor yang terpasang adalah sensor suhu dan sensor pH yang akan memberikan inputan data. Sedangkan untuk implementasi IoT, digunakan aplikasi Blynk 2.0 sebagai platform IoT yang akan menghubungkan sensor-sensor, mikrokontroler dan *smartphone* dari jarak jauh agar dapat berfungsi melakukan monitoring dengan baik. Platform IoT ini juga akan menjadi jembatan untuk mengatasi kesenjangan antara sensor perangkat dan jaringan data. Selanjutnya, sistem tenaga yang digunakan adalah sistem tenaga hibrida yang merupakan gabungan dari listrik PLN dan energi dari tenaga surya ditangkap melalui panel surya.

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui sejauh mana tingkat efektifitas sensor-sensor terpasang. Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kinerja mikrokontroler dan kinerja sistem monitoring yang diimplementasikan. Pengujian kinerja internet dilakukan untuk mengetahui sejauh mana koneksi internet yang stabil yang dapat menghasilkan pembacaan data yang tepat. Selanjutnya, untuk mengetahui efektivitas penggunaan alat secara keseluruhan, maka alat sistem monitoring ini akan dipasang di kolam pembesaran ikan lele. Data yang dihasilkan dari sistem monitoring terpasang menjadi alat bantu bagi peternak untuk memutuskan tindakan apa yang harus dilakukan untuk mempertahankan kualitas air kolam. Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem tenaga hibrida yang diimplementasikan, agar energi surya yang ditangkap dapat menghasilkan tenaga yang optimal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Beberapa hasil penelitian terdahulu menjadi kajian yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini dan juga sebagai dasar untuk menambahkan keterbaruan. Rujukan pertama, yaitu hasil penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh peneliti, di mana diketahui bahwa teknologi sistem monitoring berbasis IoT efektif untuk membantu kegiatan monitoring dan kontrol alat secara otomatis, kapan saja, dari mana saja. Terkait dengan hal tersebut, maka penyelesaian masalah dalam penelitian ini merupakan pengembangan hasil penelitian terdahulu tentang *smarthome system*, dan juga hasil implementasi dari *smart farming system*. Kedua alat tersebut telah berhasil dibuat oleh peneliti pada penelitian sebelumnya [13], [14]. Selanjutnya terdapat rujukan kedua, yaitu penelitian yang membahas penerapan teknologi IoT untuk sistem monitoring kualitas lingkungan dalam konteks *smart city*. Dalam penelitian ini dijelaskan bagaimana teknologi IoT dapat digunakan untuk memantau berbagai parameter lingkungan, termasuk kualitas air. Penelitian tersebut juga membahas berbagai komponen yang terlibat dalam sistem IoT dan manfaatnya dalam pengelolaan lingkungan [15]. Lebih lanjut tentang IoT, terdapat aplikasi *open source* yang digunakan sebagai platform IoT, salah satunya adalah aplikasi Blynk. Aplikasi Blynk banyak digunakan karena menawarkan kemudahan dalam penggunaannya. Saat ini, versi terbaru aplikasi Blynk telah hadir, yaitu aplikasi Blynk IoT atau lebih dikenal dengan aplikasi Blynk 2.0 [16], [17]. Terkait dengan pemantauan kualitas air

kolam lele terdapat pada rujukan keempat, yaitu penelitian yang fokus pada penggunaan sensor untuk memantau kualitas air dalam budidaya ikan lele. Penelitian ini membahas berbagai parameter yang perlu dipantau dan teknologi sensor yang dapat digunakan untuk memastikan kualitas air yang optimal bagi kesehatan ikan lele [18]. Sedangkan pembahasan tentang penggunaan sistem tenaga hibrida mengacu pada rujukan kelima, yaitu penelitian yang membahas pengembangan sistem tenaga hibrida yang menggabungkan energi terbarukan untuk aplikasi IoT, terutama di wilayah terpencil. Penelitian ini mengevaluasi berbagai sumber energi terbarukan yang dapat digunakan dalam sistem tenaga hibrida dan bagaimana sistem ini dapat mendukung perangkat IoT dengan energi yang andal [19], [20].

Dari uraian tentang penelitian terkait di atas, dapat diketahui bahwa penggunaan teknologi IoT untuk sistem monitoring kualitas air untuk peternakan lele, merupakan pilihan yang tepat membuat alat yang menjadi solusi untuk membantu peternak lele dalam upaya menjaga kualitas air kolam lele. Sedangkan sistem tenaga hibrida yang digunakan, akan mendukung pengelolaan peternakan lele khususnya untuk efisiensi biaya operasional. Sistem monitoring kualitas air lele yang akan dibuat ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya, yang terletak pada penggunaan mikrokontroler generasi baru yaitu NodeMCU ESP32, aplikasi Blynk versi terbaru yaitu Blynk 2.0 sebagai *platform* IoT dan implementasi sistem tenaga hibrida yang menggabungkan penggunaan tenaga listrik PLN dan energi surya.

B. Kualitas Air Kolam Lele

Berdasarkan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 8121:2015) tentang pembesaran ikan lele dapat diketahui bahwa suhu dan pH air kolam merupakan dua variabel penting untuk menentukan kualitas air kolam lele. Adapun suhu yang optimal berkisaran 25-30 derajat dan pH yang optimal berkisaran 6,5-8,5. Selain suhu dan pH air terdapat parameter lain yang juga mempengaruhi, yaitu kadar oksigen terlarut, amoniak, kecerahan dan kedalaman kolam. Saat terjadi penurunan suhu air kolam, aktivitas ikan lele cenderung menurun dan nafsu makan berkurang. Kondisi ini dapat memperlambat pertumbuhan ikan lele yang berdampak pada hasil panen. Saat alat sistem monitoring ini diimplementasikan, nilai parameter suhu dan pH yang terbaca oleh sensor terpasang dapat menunjukkan penurunan dan juga kenaikan. Kondisi ini terjadi karena faktor cuaca yang tidak tetap [21], [22].

C. Sistem Monitoring Berbasis IoT

Monitoring adalah proses pengumpulan data secara sistematis dan berkelanjutan terhadap parameter kualitas air kolam yang harus dipantau. Kegiatan ini dilakukan agar dapat dilakukan tindakan yang diperlukan untuk mempertahankan kualitas air kolam lele. Keputusan yang dibuat berdasarkan data *real time* yang diterima oleh peternak lele dapat mengurangi risiko terhadap kesehatan lele yang dipelihara sehingga hasil panen yang optimal tetap dapat dipertahankan [23], [24].

IoT merupakan sebuah konsep, dimana komponen-komponen alat terhubung satu sama lain melalui mikrokontroler yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan internet tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Sistem monitoring berbasis IoT merupakan sebuah sistem yang memungkinkan pemantauan *real time* dari jarak jauh. Pada peternakan lele, teknologi ini memungkinkan pemantauan parameter kualitas air kolam lele yaitu dan pH air. Proses kerja sistem dimulai dari kemampuan menghubungkan perangkat yang memiliki IP address khusus ke internet, sehingga perangkat-perangkat tersebut dapat berkomunikasi satu sama lain dan melakukan pertukaran data [25], [26].

D. Sistem Tenaga Hibrida

Sistem tenaga hibrida adalah suatu sistem tenaga yang menggunakan lebih dari satu jenis sumber energi untuk satu alat yang sama. Tujuan utama penggunaan sistem ini adalah untuk menjamin ketersediaan sumber energi primer pada alat sistem monitoring, sehingga dapat bekerja terus menerus melakukan pemantauan kualitas air kolam lele. Sistem tenaga hibrida dapat berupa gabungan sumber energi yang dihasilkan oleh panel surya dan dari listrik PLN. Kedua sumber ini akan saling *mem-back up* secara ketika terjadi kekurangan daya listrik atau saat terjadi pemadaman [27], [28].

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) yaitu sebuah penelitian yang dilakukan berkenaan dengan kenyataan-kenyataan praktis, penerapan, dan pengembangan ilmu pengetahuan yang dihasilkan oleh penelitian dasar dalam kehidupan nyata [29], [30]. Penelitian terapan berfungsi untuk mencari solusi tentang masalah-masalah tertentu. Tahapan yang dirancang untuk pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian

A. Tahap Studi Pendahuluan

Tahap studi pendahuluan merupakan tahap awal pelaksanaan penelitian. Pada tahap ini dilakukan studi lapangan untuk menggali tingkat urgensi pembuatan alat. Urgensi ini dilihat dari kondisi kebutuhan dan atau permasalahan riil pada peternak lele yang menjadi isu dan memiliki tingkat prioritas yang tinggi untuk dicari solusinya. Studi ini juga dilakukan untuk mengetahui tingkat literasi teknologi pada peternak lele agar dapat dihasilkan alat yang nantinya dapat diterima dan diimplementasikan. Selain studi lapangan, pada tahap ini juga dilakukan studi literatur untuk mengkaji penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini sehingga dapat dilakukan pengembangan maupun perbaikan dari alat yang dihasilkan pada penelitian terdahulu. Studi literatur juga dilakukan untuk mencari referensi yang akan menjadi landasan rancang bangun dan pengujian alat sistem monitoring agar dapat dipastikan bahwa alat sudah bekerja dengan baik (*running well*).

B. Tahap Desain dan Perancangan Alat

Pada tahap ini dilakukan kegiatan membuat desain alat meliputi sistem kelistrikan dan sistem kontrol yang merujuk pada hasil dari tahap studi pendahuluan. Selanjutnya, desain yang dirancang akan dibangun dan diuji untuk mengetahui tingkat kehandalan masing-masing komponen. Pembuatan skema proses kerja dan *flowchart* sistem dilakukan dan dievaluasi pada tahap ini. Perancangan yang tepat berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan akan menentukan kualitas desain dan kemudahan untuk implementasi pada tahap penelitian selanjutnya.

C. Tahap Pembuatan Alat

Pada tahap ini dilakukan kegiatan pemilihan komponen untuk pembuatan alat sistem monitoring. Kegiatan ini dilakukan berdasarkan pada desain yang dirancang di tahap sebelumnya. Komponen-komponen yang dipilih ini secara garis besar akan terkait dengan dimensi produk, komponen elektronik dan juga koneksi internet yang dibutuhkan. Selanjutnya, semua komponen tersebut akan dirakit dan saling terhubung satu sama lain. Saat semua koneksi komponen dapat berjalan dengan baik maka alat diimplementasikan pada lokasi penelitian untuk selanjutnya dilakukan uji coba alat untuk melihat performa dan kinerja alat.

D. Tahap Pengujian Alat

Tahap pengujian alat merupakan tahap terakhir pada penelitian ini. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini yaitu pengujian sensor-sensor terpasang, mikrokontroler, *platform* IoT, koneksi internet dan pengujian sistem tenaga hibrida. Untuk menguji sistem tenaga surya, dilakukan pengamatan dalam satu hari mulai pukul 07.00 hingga 15.00 WIB. Pada penelitian ini panel surya ditempatkan di lokasi yang ketersediaan sinar matahari dianggap tinggi yaitu pada atap rumah peternak. Tingkat produktivitas dan efisiensi panel surya akan diukur berdasarkan pergeseran waktu dalam satuan jam per hari. Data diambil setiap dua jam sekali dengan melakukan pembacaan pada SCC. Sedangkan untuk memastikan sistem dapat berjalan dengan baik maka dilakukan pengujian pada kemampuan sensor suhu dan pH. Pengujian dilakukan selama 15 hari di jam yang sama yaitu pukul 10.00 WIB. Hasil dari pengujian alat ini akan disajikan dalam bentuk pemaparan menggunakan teknik statistika deskriptif. Selanjutnya, juga akan dilakukan pengujian sistem meliputi sistem monitoring untuk memastikan alat berjalan dengan baik dan mengetahui tingkat *error* pembacaan data. Implementasi alat dilakukan di kolam pembesaran untuk mengetahui sejauhmana tingkat efektivitas alat dalam memberikan data kepada peternak agar peternak dapat segera mengambil tindakan yang diperlukan untuk menjaga kualitas air kolam lele. Tingkat efisiensi alat juga ditunjukkan dengan perhitungan biaya penggunaan energi listrik PLN dan biaya penggunaan energi hibrida.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Studi Pendahuluan

Dari hasil studi lapangan diketahui bahwa peternak lele membutuhkan alat yang efektif untuk membantu kegiatan monitoring suhu dan pH air sehingga kualitas air kolam tetap terjaga. Kualitas air kolam sangat berpengaruh pada optimalisasi hasil panen lele. Selain kebutuhan alat yang efektif, peternak juga mengharapkan implementasi alat teknologi ini tetap efisien sehingga tidak menambah beban biaya operasional khususnya untuk biaya penggunaan energi listrik PLN. Selanjutnya dari hasil studi literatur yang mengkaji tentang pengembangan sistem tenaga hibrida, dapat diketahui penggunaan tenaga listrik dan tenaga surya dapat digabungkan dengan pengaturan yang tepat sehingga dapat menghasilkan efisiensi. Jika dibandingkan dengan penelitian yang lalu, terdapat perbedaan antara sistem monitoring pada penelitian ini dan sistem monitoring pada penelitian yang lalu. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini digunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang merupakan pengembangan dan penerus dari mikrokontroler ESP8266 yang telah banyak digunakan pada penelitian sebelumnya. Penggunaan mikrokontroler ini diimplementasikan bersama penggunaan aplikasi Blynk 2.0 untuk platform IoT, yang merupakan pengembangan dari aplikasi Blynk versi sebelumnya. Penggabungan implementasi mikrokontroler dan platform IoT versi terbaru ini, selanjutnya dilengkapi dengan implementasi sistem tenaga hibrida (tenaga listrik PLN dan tenaga surya). Keseluruhan penggabungan ini merupakan sebuah hipotesa yang akan diuji pada tahap berikutnya untuk

mengetahui apakah seluruh alat, sistem monitoring dan sistem tenaga hibrida dapat digabungkan dan dapat berjalan dengan baik.

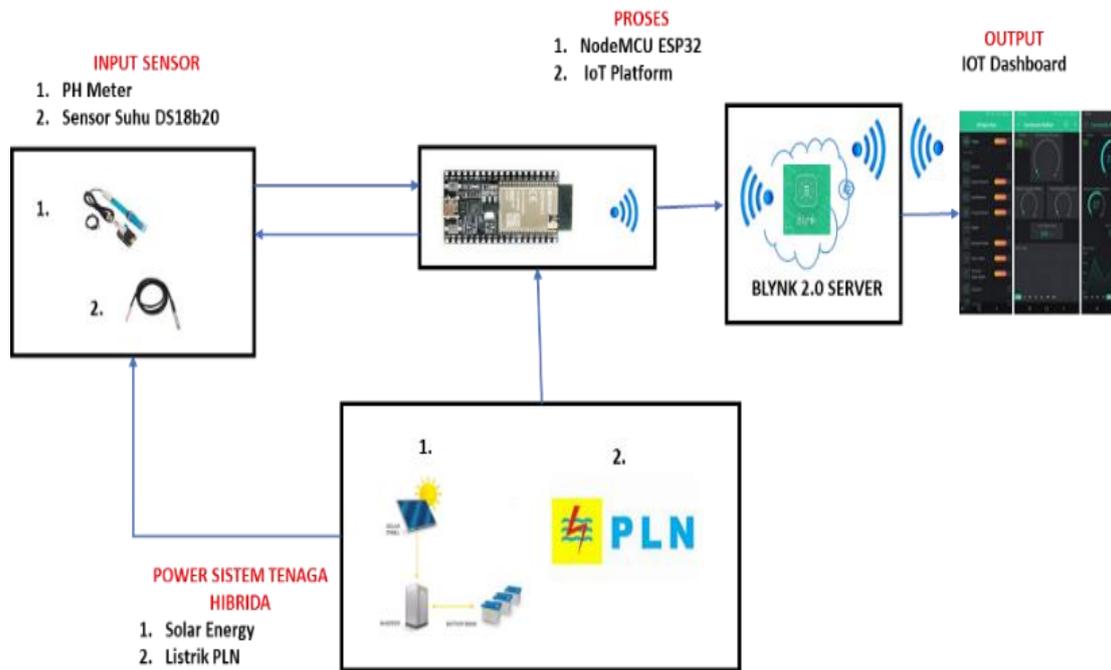
B. Hasil Perancangan Alat

Dari hasil studi pendahuluan di atas, selanjutnya pada penelitian ini dirancang sebuah sistem monitoring kualitas air kolam lele berbasis IoT. Berdasarkan pembahasan di atas, maka dibutuhkan komponen-komponen untuk membuat alat sistem monitoring dalam penelitian ini, yaitu:

Tabel 1. Komponen Yang Digunakan

N.	Nama Komponen	Spesifikasi	Fungsi
1	Sensor Suhu DS18B20	3V–5,5 V; 1mA	Melakukan pembacaan suhu air kolam
2	Sensor pH air	3V– 5,5 V; 5 ~ 10mA;	Melakukan pembacaan pH air kolam
3	NodeMCU ESP 32	3.3V; Rata-rata 80mA.	Mengolah data dan mikrokontroler
4	LCD	16 x 2 cm; 5V; 40mA; 0,7W	Menampilkan data
5	Power supply	12V	Mengubah tegangan AC menjadi DC
6	ACCU	12V ; max.7 mA; kondisional	Menyimpan daya listrik
7	Stepdown	Input DC 3 - 40V Output DC 1.5 - 35V	Menurunkan tegangan listrik
8	Solar panel	50 WP	Menyimpan daya listrik
9	Solar Charge Controller (SCC)	PWM 12V	Mengatur tegangan

Penelitian ini menghasilkan alat sistem monitoring kualitas air kolam ini merupakan alat yang berbasis IoT yang menggunakan sistem tenaga hibrida. Sistem kerja alat meliputi input, proses dan output. Sistem kerja alat secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

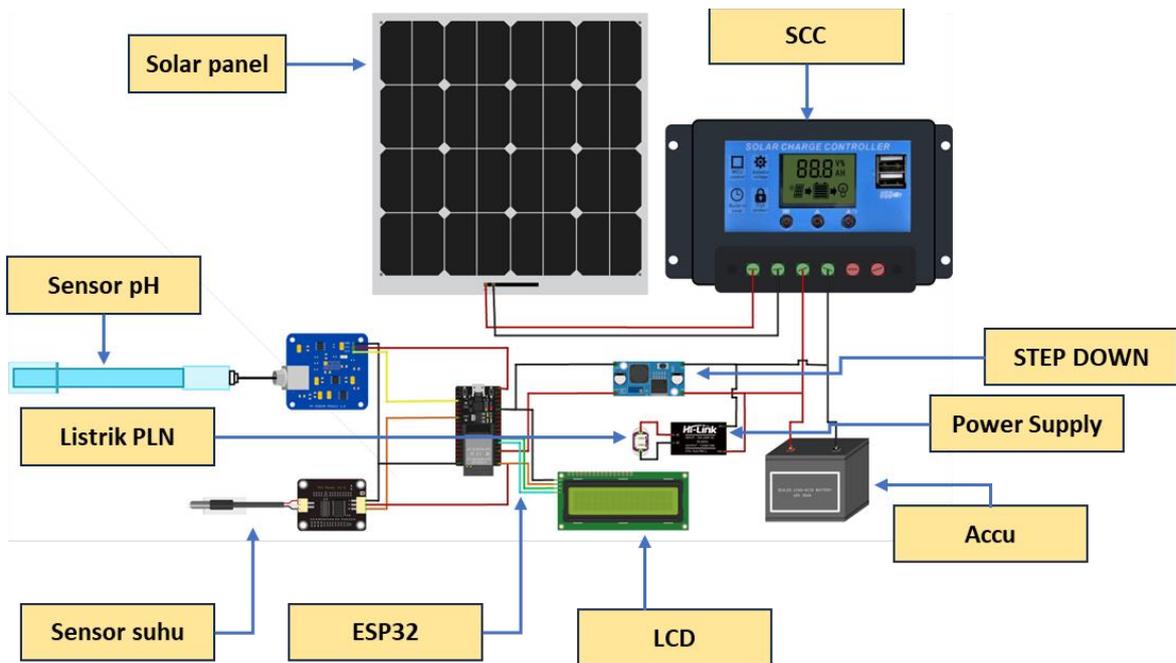


Gambar 2. Sistem Kerja Alat Keseluruhan

Sistem tenaga hibrida yang terimplementasi pada alat bekerja mensuplai energi. Panel surya yang digunakan akan mengkonversi energi dari matahari menjadi listrik. Energi ini bekerja bergantian dengan energi listrik PLN. Pada rangkaian sistem tenaga hibrida di alat yang dibangun ini, solar panel berfungsi mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik secara langsung, serta berfungsi sebagai catu daya sumber energi listrik utama. Selanjutnya, Solar Charge Controller (SCC) berfungsi untuk mengatur aliran arus listrik dari solar cell ke baterai untuk mencegah pengisian baterai yang berlebihan sehingga dapat merusak baterai. Pada alat ini, accu berfungsi sebagai baterai untuk menyimpan energi listrik. Selanjutnya diperlukan komponen *stepdown* untuk mengubah tegangan menjadi lebih rendah pada keluarannya, sebelum tegangan dari accu masuk ke sistem. Selanjutnya, energi yang dihasilkan ini digunakan untuk memberi daya pada sistem monitoring.

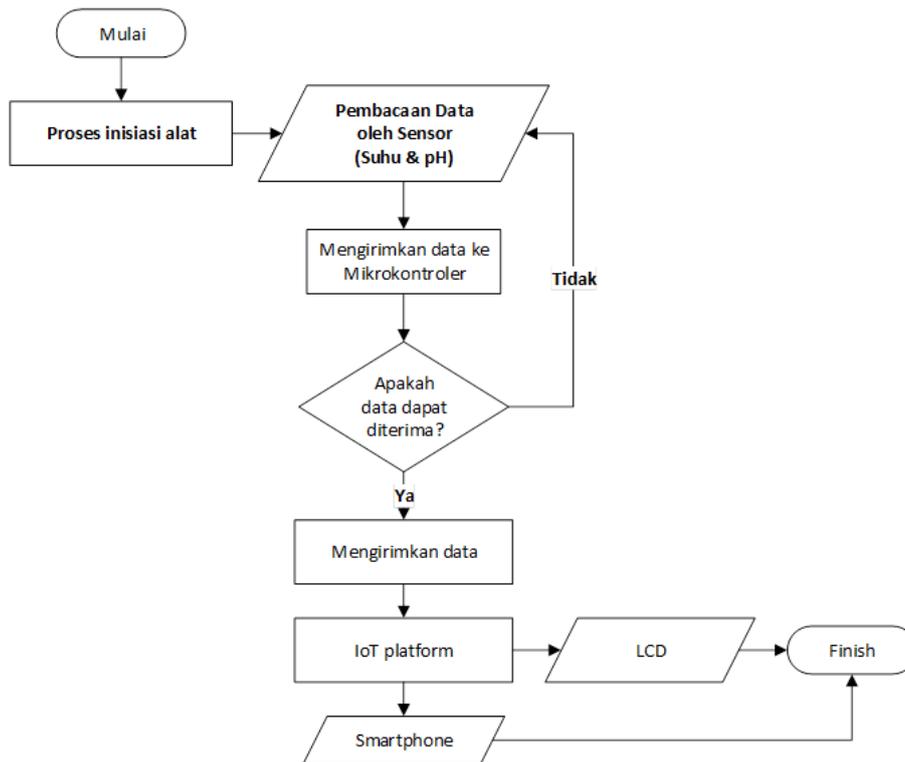
Saat alat diaktifkan, sensor suhu dan pH terpasang akan bekerja mengumpulkan data suhu dan pH air kolam secara *real time*. Saat alat ini diimplementasikan, perangkat IoT terhubung ke internet melalui jaringan nirkabel yaitu jaringan Wi-Fi yang ada di lokasi kolam lele. Data yang terbaca dari sensor merupakan *input* sistem. Data akan dikirimkan dan diproses oleh mikrokontroler. NodeMCU ESP32 berperan sebagai pengontrol sistem kerja alat yang mengatur bagaimana sensor bekerja, pengumpulan data dan pengiriman data hasil monitoring. *Output* sistem ini adalah data monitoring yang tampil di *smartphone* pengguna, dengan *interface* yang dihasilkan dari implementasi aplikasi Blynk 2.0 sebagai *platform* IoT.

Dari hasil perancangan elektrikal, dapat diketahui bagaimana komponen-komponen listrik dan aliran daya listrik pada alat saling terhubung. Perancangan elektrikal secara keseluruhan ditampilkan pada gambar di bawah ini. Gambar tersebut merupakan diagram yang secara visual menampilkan koneksi komponen listrik dan aliran daya listrik pada suatu sistem.



Gambar 3. Gambar Desain Sistem Kelistrikan Pada Alat

Sistem monitoring berbasis IoT memerlukan alur kerja sistem agar perangkat dapat bekerja membaca data suhu dan pH air kolam lele. Input pada sistem ini adalah data yang terbaca oleh sensor suhu dan sensor Ph air kolam lele. Selanjutnya sistem akan mengirimkan data untuk mikrokontroler untuk diproses. Data yang telah diproses akan terbaca oleh aplikasi Blynk 2.0 dan selanjutnya data ditampilkan melalui LCD dan *smartphone* peternak. *Flowchart* sistem monitoring ditampilkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. Flowchart System

Setelah kegiatan perancangan di atas selesai maka selanjutnya dilakukan perancangan sistem tenaga hibrida PLN-Surya. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan panel surya yang sesuai. Untuk itu, dilakukan perhitungan nilai beban yang digunakan pada sistem monitoring ini. Perhitungan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Beban Pada Sistem Monitoring

No.	Nama Komponen	Nilai Beban
1	Sensor Suhu DS18B20	0,4 watt
2	Sensor pH air	0,4 watt
3	NodeMCU ESP 32	1 watt
4	LCD	0,7 watt
Total Nilai Beban (Watt)		2,5 watt

Dari rincian di atas dapat diketahui jumlah beban pada untuk alat sistem monitoring secara keseluruhan adalah sebesar 2,5 watt. Selanjutnya untuk mengetahui beban alat sistem monitoring secara keseluruhan per hari, digunakan rumus menghitung beban alat sistem monitoring, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Beban alat} &= \text{Total Watt} \times 24 \text{ Jam} \\
 &= 2,5 \text{ Watt} \times 24 \text{ Jam} \\
 &= 60 \text{ Watt.}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa kebutuhan beban alat sistem monitoring per hari sebesar 60 watt sehingga penggunaan solar panel 50 WP diasumsikan dapat mencukupi.

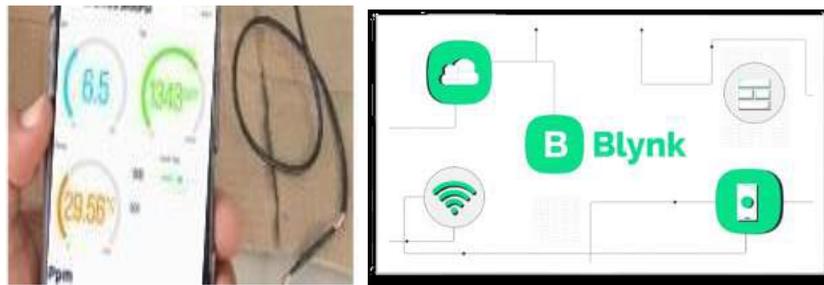
C. Hasil Pembuatan Alat

Tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah pelaksanaan kegiatan membuat alat. Langkah ini dimulai dari kegiatan merangkai semua komponen sesuai desain yang dibuat. Selanjutnya, setelah semua komponen terangkai dengan baik maka dilanjutkan dengan pembuatan sistem monitoring. Setelah semua komponen pada alat terangkai, dan sistem monitoring selesai dibangun, maka alat siap diimplementasikan. Gambar alat keseluruhan alat yang dihasilkan seperti tampak pada Gambar 5, di bawah ini:



Gambar 5. Alat Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis IOT
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

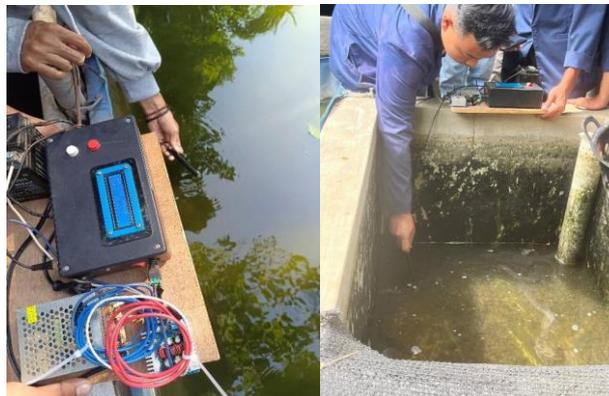
Saat alat pertama kali dihidupkan, semua sensor dapat melakukan pembacaan data. Koneksi sensor, mikrokontroler dan aplikasi Blynk 2.0 dapat berjalan dengan baik. Pada *smartphone*, tampak pembacaan data pada *dashboard* aplikasi Blynk 2.0. Tampilan sistem kontrol pada aplikasi Blynk 2.0 di *smartphone* pengguna tampak pada gambar di bawah ini:



Gambar 6. Tampilan Aplikasi Blynk 2.0 pada *Smartphone* Peternak Lele
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

D. Hasil Pengujian Alat

Setelah seluruh komponen pada alat dipastikan dapat hidup dan alat dapat terkoneksi dengan internet, maka selanjutnya alat diimplementasikan di kolam lele pembesaran. Untuk mengetahui sejauh mana kinerja alat maka selanjutnya dilakukan kegiatan pengujian alat.



Gambar 7. Pengujian Alat Pada Lokasi Penelitian
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Pengujian Koneksi Internet

Sistem monitoring berbasis IoT sangat dipengaruhi oleh koneksi internet. Pada alat sistem monitoring ini koneksi internet menggunakan WiFi. Dari hasil pengujian diperoleh data bahwa sistem monitoring ini mampu mengirimkan data dengan baik dalam jangkauan kurang dari 29 meter. Sedangkan pada posisi smartphone berada pada jangkauan lebih dari 29 meter, maka koneksi aplikasi akan terputus. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Jarak Maksimal Koneksi WIFI

JARAK	KONEKSI WIFI
5 Meter	Terhubung
10 Meter	Terhubung
15 Meter	Terhubung
20 Meter	Terhubung
>29 Meter	Terputus

Pengujian Sensor Suhu

Untuk mengetahui kemampuan sensor suhu terpasang dilakukan pengujian dan pengumpulan data dari kolam pembesaran ikan lele. Data dikumpulkan dengan dua cara yaitu dengan alat ukur manual dan dari pembacaan sensor. Kedua data tersebut selanjutnya dibandingkan untuk mengetahui selisih agar dapat diketahui tingkat keandalan alat sistem monitoring dalam melakukan pembacaan data suhu air kolam pembesaran lele. Data hasil pengujian sensor suhu terdapat pada tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Hasil Pengujian Pembacaan Data pH Air Kolam Lele

Hari	Manual	Sensor Suhu	Selisih	Error %	Akurasi %
1	33,63	33,69	0,06	0,2	99,8
2	35,02	35,05	0,03	0,1	99,9
3	35,29	35,31	0,02	0,1	99,9
4	30	30	0	0	100
5	26	26,02	0,02	0,1	99,9
6	29,31	29,31	0,01	0	100
7	27,32	27,34	0,02	0,1	99,9
8	25	25,02	0,02	0,1	99,9
9	26,60	26,63	0,03	0,1	99,9
10	28	28	0	0	100
11	29,36	29,37	0,01	0	100
12	29,9	29,94	0,04	0,1	99,9
13	29	29,03	0,03	0,1	99,9
14	28,73	28,75	0,02	0,1	99,9
15	29,73	29,75	0,02	0,1	99,9
Rata-rata					99,9

Dari data di atas dapat diketahui hasil pengukuran suhu air secara manual dan pembacaan suhu air menggunakan sensor suhu. Terdapat perbedaan pembacaan data senilai antara 0,01 sampai 0,06 poin. Sedangkan tingkat akurasi pembacaan sensor mencapai 99,9 %.

Pengujian Sensor pH

Sama dengan pengujian pembacaan data dari sensor suhu, untuk mengetahui kemampuan sensor pH terpasang dilakukan pengujian dan pengumpulan data dari kolam pembesaran ikan lele. Data dikumpulkan dengan dua cara yaitu dengan alat ukur manual dan dari pembacaan sensor. Kedua data tersebut selanjutnya dibandingkan untuk mengetahui selisih agar dapat diketahui tingkat keandalan alat sistem monitoring dalam melakukan pembacaan data pH air kolam pembesaran lele. Data hasil pengujian sensor pH terdapat terdapat pada tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Hasil Pengujian Pembacaan Data pH Air Kolam Lele

Hari	Manual	Sensor pH	Selisih	Error %	Akurasi %
1	6,51	6,52	0,01	0,2	99,8
2	6,5	6,55	0,05	0,8	99,2
3	7	7,03	0,03	0,4	99,6
4	7,3	7,35	0,05	0,7	99,3
5	8	8	0	0	100
6	7,35	7,35	0	0	100
7	6,49	6,5	0,01	0,2	99,8
8	8	8	0	0	100
9	7	7	0	0	100

Hari	Manual	Sensor pH	Selisih	Error %	Akurasi %
10	7,35	7,35	0	0	100
11	6,49	6,52	0,03	0,5	99,5
12	6,49	6,53	0,04	0,6	99,4
13	6,5	6,5	0	0	100
14	6,49	6,5	0,01	0,2	99,8
15	6,49	6,5	0,01	0,2	99,8
Rata-rata					99,8

Dari data di atas dapat diketahui hasil pengukuran pH air secara manual dan pembacaan pH air menggunakan sensor pH. Terdapat perbedaan pembacaan data senilai antara 0,01 sampai 0,05 poin. Sedangkan tingkat akurasi pembacaan sensor mencapai 99,8%.

Efektivitas Sistem Monitoring

Efektivitas alat sistem monitoring hasil penelitian ini terlihat dari tingkat akurasi yang cukup tinggi pada hasil pembacaan data suhu dan pH air yang telah diuraikan di atas. Data tersebut dapat membantu peternak untuk menilai apakah kualitas air kolam masih tetap terjaga sesuai standar. Dengan kualitas air yang terjaga maka hasil panen diasumsikan akan meningkat bahkan mencapai tingkat optimal yang akan memberikan keuntungan bagi peternak.

Untuk memastikan kondisi kualitas air kolam masih sesuai dengan standar, peternak dapat melakukan perhitungan rata-rata suhu dan pH air. Perhitungan pada tabel 6 menunjukkan nilai rata-rata suhu air pada kolam lele yaitu 29,55 derajat celsius dan rata-rata kadar pH air kolam lele adalah sebesar 6,95.

Tabel 6. Data Suhu Air dan pH Air Kolam Lele Selama 15 Hari

Hari	Suhu Air	pH Air
1	33,69	6,52
2	35,05	6,55
3	35,31	7,03
4	30,00	7,35
5	26,02	8,00
6	29,31	7,35
7	27,34	6,50
8	25,02	8,00
9	26,63	7,00
10	28,00	7,35
11	29,37	6,52
12	29,94	6,53
13	29,03	6,50
14	28,75	6,50
15	29,75	6,50
Rata-rata	29,55	6,95

Selanjutnya, jika merujuk pada Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 8121:2015) tentang pembesaran ikan lele, standar suhu yang optimal berkisaran 25-30 derajat dan pH yang optimal berkisaran 6,5-8,5. Jika nilai rata-rata suhu air dan pH air kolam dibandingkan dengan nilai pada SNI, maka dapat diketahui bahwa tingkat kelayakan kolam pembesaran lele telah sesuai (lihat tabel 7) karena berada pada batas yang telah ditetapkan pada SNI.

Tabel 7. Kelayakan Data Suhu Air dan pH Air Kolam Lele

Parameter	SNI	Nilai Rata-rata	Batas Bawah Kelayakan	Tingkat Kelayakan
Suhu air	25 - 30	29,55	25	Sesuai
pH air	6,5 - 8,5	6,95	6,5	Sesuai

Pengujian Kondisi Solar Cell

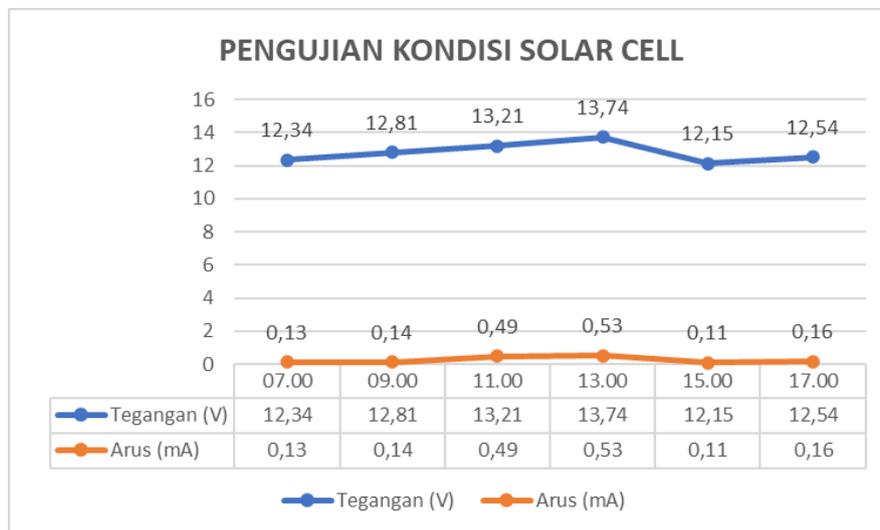
Solar cell untuk alat sistem monitoring ini ditempatkan pada atap rumah peternak lele. Keputusan tentang lokasi ini dipilih berdasarkan hasil pengamatan terhadap ketersediaan sinar matahari. Lokasi kolam lele tempat penelitian ini dilakukan dikelilingi oleh pohon-pohon yang cukup tinggi dan rimbun. Kondisi ini merupakan tantangan tersendiri dalam penentuan titik lokasi penempatan solar panel. Selain tantangan tersebut, penempatan solar panel juga

mempertimbangkan jarak lokasi tempat alat sistem monitoring diimplementasikan untuk memperhitungkan penggunaan kabel agar tetap efisien.

Pengujian yang dilakukan untuk memantau kondisi panel surya dilakukan mulai pukul 07.00 sampai pukul 17.00 WIB. Data hasil pengujian menunjukkan kondisi yang terjadi pada solar cell melalui penggunaan SCC yang menampilkan data apakah panel surya sedang dalam keadaan mengisi daya (*charging*) atau tidak mengisi (*not charging*). Dari data pengujian dapat diketahui terjadi fluktuasi yang tidak wajar pada tegangan yang dihasilkan, yaitu diantara pukul 13.00 sampai 17.00. Penurunan yang cukup signifikan terjadi di pengambilan data pukul 15.00 WIB, namun demikian terjadi peningkatan kembali saat pengujian di jam 17.00 WIB. Hal ini terjadi karena pada saat pengambilan data di jam 15.00 tersebut kondisi cuaca sempat mendung Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 8. Hasil Pembacaan Data Pada SCC

No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)	Kondisi
1	07.00	12,34	0,13	Charging
2	09.00	12,81	0,14	Charging
3	11.00	13,21	0,49	Charging
4	13.00	13,74	0,53	Charging
5	15.00	12,15	0,11	Charging
6	17.00	12,54	0,16	Charging



Gambar 8. Grafik Pengujian Kondisi Solar Cell

Dari data yang disajikan dalam grafik dapat dengan jelas diketahui bahwa kondisi pengisian tertinggi terjadi pada pengujian di jam 13.00 WIB yang mana diketahui bahwa tegangan yang dihasilkan sebesar 13,75 V dan arus sebesar 0,11 mA.

Perhitungan potensi efisiensi biaya yang dapat terjadi karena penggunaan sistem tenaga hibrida secara penuh dalam satu hari adalah sebagai berikut:

$$\text{Konsumsi listrik (kWh)} = \frac{\text{Daya (Watt)} \times \text{Waktu Pemakaian (Jam)}}{1000}$$

$$= 60 / 1000 = 0,06 \text{ kWh}$$

Jika diasumsikan biaya per kWh sebesar Rp 1.500,- maka potensi penghematan listrik per hari dalam satu bulan (per satu kolam) sebesar :

$$= 0,06 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1.500,-$$

$$= \text{Rp } 90,- \times 30 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 2.700,-$$

Jumlah penghematan ini akan lebih besar jika jumlah sensor yang digunakan lebih dari dua (dapat menyesuaikan dengan jumlah kolam yang dipantau).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melaksanakan seluruh rangkaian kegiatan penelitian, maka dapat diambil kesimpulan bahwa rancang bangun sistem monitoring kualitas air kolam lele berbasis IoT menggunakan sistem tenaga hibrida telah berhasil dilakukan dengan baik. Seluruh koneksi antar komponen dapat berjalan dengan baik, demikian juga dengan sistem monitoring dan sistem tenaga hibrida terimplementasi. Dari hasil pengujian alat dapat diketahui bahwa performa tenaga surya tertinggi terjadi pada siang hari yaitu pada pengambilan data pukul 13.00 WIB. Efektivitas pembacaan data tampak pada tingkat akurasi yaitu sebesar 99.9% untuk pembacaan suhu dan 99,8% untuk pembacaan pH air. Data yang akurat dapat membantu peternak untuk menjaga kualitas air kolam lele. Dengan hasil perhitungan rata-rata nilai suhu air dan pH air yang dibandingkan dengan SNI, maka dapat diketahui bahwa kondisi kualitas air kolam telah sesuai karena berada dalam rentang nilai pada SNI. Selanjutnya, dari pengujian konektivitas internet diketahui bahwa jangkauan pembacaan alat maksimal sejauh 20 meter. Dari segi perhitungan efisiensi biaya, maka penggunaan alat sistem monitoring ini memunculkan penghematan biaya sebesar Rp. 2.700,- per kolam per bulan.

Saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu implementasi sistem monitoring dengan skala peternakan yang lebih besar, disertai perhitungan analisis ekonomis dengan payback period (PP) dan Net Profit Value (NPV) khususnya untuk investasi pengimplementasian sistem tenaga surya. Lebih lanjut tentang efektivitas penggunaan alat sistem monitoring dapat dilakukan melalui penelitian terhadap hasil panen sebelum dan sesudah dilakukan implementasi alat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Nurul Jadid atas pendanaan yang diberikan untuk penelitian ini, serta kepada LPPM UNUJA yang memberikan dukungan administratif penuh sehingga penelitian dapat terlaksana dengan lancar. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada pemilik kolam lele yang menjadi lokasi penelitian ini.

REFERENCES

- [1] K. Karin and N. Isnaeni, "Budidaya Ikan Lele dan Patin Guna Meningkatkan Perekonomian Melalui Program Inovasi Desa," *Kreat. J. Community* ..., 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unib.ac.id/kreativasi/article/view/25617>.
- [2] M. I. Effendi, B. Sugiarto, and J. Nawir, "PEMBERDAYAAN DESA PRIMA SENDANGAGUNG: MENGELOLA DAN MEMASARKAN PRODUK BERBASIS LELE," *Dharma J. Pengabd.* ..., 2021, [Online]. Available: <http://www.jurnal.upnyk.ac.id/index.php/dlppm/article/view/6215>.
- [3] W. Kurniawan, A. Rizal, and ..., "Sistem Monitoring Ph dan Suhu Air pada Kolam Ikan Lele Terintegrasi Berbasis Internet Of Things," *eProceedings* ..., 2023, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/20235>.
- [4] A. Yulianto, "Leleku Berkualitas: Usaha Ternak Lele di Desa Blukbuk, Kabupaten Brebes," *JECMER J. Econ. Manag.* ..., 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.eraliterasi.com/index.php/jecmer/article/view/52>.
- [5] C. Widyastuti, O. Handayani, and D. Anggaini, "Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat Kampung Gadog Melalui Budidaya Ikan Lele Berbasis Automatic Fish Feeder Dan Energi Baru Terbarukan," *TERANG*, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.itpln.ac.id/terang/article/view/1749>.
- [6] A. Candra, A. A. Anggorowati, D. Rachmawati, and A. Joewono, *PENINGKATAN KETAHANAN PANGAN BERKELANJUTAN MENGGUNAKAN ENERGI TERBARUKAN DI KAMPOENG OASE ONDOMOHEN, SURABAYA, JAWA* dspace.uui.ac.id, 2023.
- [7] A. Zuhriyah, M. Triptasari, H. Triadjie, and ..., "Pendampingan SDI AI-Mashduqie Menuju Sekolah Adiwiyata Berbasis Pertanian Berkelanjutan," *J. Ilm.* ..., 2023, [Online]. Available: <https://journal.trunojoyo.ac.id/pangabdhi/article/view/22277>.
- [8] R. Nuralmasari et al., "DIFUSI TEKNOLOGI AQUAPONIK TENAGA SURYA UNTUK," pp. 94–100, 2023.
- [9] N. Islam, *Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Monitoring Kolam Ikan Lele dengan Memperhatikan Suhu dan Derajat Keasaman (pH) Berbasis Internet of Things*. eprints.poltektegal.ac.id, 2021.
- [10] N. F. N. Azizah, H. Pujiharsono, and ..., "Sistem Pengendali Suhu dan Kadar pH pada Kolam Ikan Lele Berbasis IoT pada Desa Kutaringin Kabupaten Banjarnegara," *JRST (Jurnal Ris.* ..., 2022, [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRST/article/view/11693>.
- [11] M. R. M. Tarigan, A. S. Nasution, D. H. Saragih, and ..., "ANALISIS BUDIDAYA PEMBENIHAN IKAN LELE DI KAWASAN AGRIBISNIS HORTIKULTURA DESA BANGUN SARI," *J. Perikan.* ..., 2023, [Online]. Available: <http://jperairan.unram.ac.id/index.php/JP/article/view/432>.
- [12] D. Maulianawati, A. Awaludin, and ..., "PENGEMBANGAN BUDIDAYA IKAN LELE DAN NILA MELALUI PENERAPAN TEKNOLOGI MODIFIKASI PAKAN DENGAN EKSTRAK DAUN KATUK, PEMIJAHAN ...," ... *Collab. J.* ..., 2021, [Online]. Available: <http://icjcs.esc-id.org/index.php/home/article/view/38>.
- [13] A. Herlina, N. Rohman, A. B. Hartono, and I. Rhamadani, "Pengenalan dan Implementasi Alat Semi-Automatic Control Water Overflow untuk Petani Tambak Udang di Desa Randutatah Kabupaten Probolinggo Jawa Timur," *J. Pengabd. Masy. Bangsa*, vol. 1, no. 10, pp. 2631–2640, 2023.
- [14] A. T. Rahman and A. Herlina, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Pencampuran Nutrisi Dan Ph Air Pada Tanaman Hdiroponik Berbasis Internet Of Things," *JEECOM J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 4, no. 2, pp. 87–95, 2022, doi: 10.33650/jeecom.v4i2.4460.
- [15] J. A. Hassan and B. H. Jasim, "Design and implementation of internet of things-based electrical monitoring system," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, 2021, [Online]. Available: <https://beei.org/index.php/EEI/article/view/3155>.
- [16] M. F. R. Yazid, D. Alia, and F. Nofandi, "Rancang Bangun Smart Pond Berbasis Internet Of Things (IoT)," ... *J. Ilmu Tek. dan* ..., 2024, [Online]. Available: <https://journal.unimar-amni.ac.id/index.php/ocean/article/view/2111>.

- [17] A. Herlina, M. I. Syahbana, M. A. Gunawan, and M. M. Rizqi, "Sistem Kendali Lampu Berbasis Iot Menggunakan Aplikasi Blynk 2.0 Dengan Modul Nodemcu Esp8266," *INSANtek*, vol. 3, no. 2, pp. 61–66, 2022.
- [18] S. Ariana, N. Paramithya, Y. Pasmawati, and ..., "Pemanfaatan Teknologi Berbasis Internet of Things (IOT) Pada Budidaya Ikan: Automatic Fish Feeder," ... *Altifani Penelit. dan ...*, 2023, [Online]. Available: <http://altifani.org/index.php/altifani/article/view/463>.
- [19] P. Aji and I. Roza, "Unit Pengendali Sistem Hibrida Panel Surya Dengan PLN Pada Penggunaan Rumah Tinggal," *JET (Journal Electr. Technol.*, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/7682>.
- [20] E. Birahmatih, A. B. Muljono, and A. Natsir, "PERENCANAAN PENYEDIAAN DAYA LISTRIK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA (PLTMH DAN PLTS) DI DESA KAWINDA TOâ€™™ I MENGGUNAKAN ...," *DIELEKTRIKA*, 2021, [Online]. Available: <http://dielektrika.unram.ac.id/index.php/dielektrika/article/view/256>.
- [21] Y. Manuputty, J. Palembang, and M. Masengi, "Strategi Pengembangan Usaha Budidaya Ikan Lele Dumbo Di Tempat Budidaya Minalestrai Kota Sorong," *Innov. J. Soc. ...*, 2023, [Online]. Available: <http://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/6491>.
- [22] R. Hayati, R. Rahmiati, E. Rosa, and ..., "Sosialisasi Ilmu Budidaya Ikan Lele dalam Ember di Pekarangan Rumah Warga Gp. Beurawe, Kota Banda Aceh," *Nawadeepa J. ...*, 2023, [Online]. Available: <http://journal.pencerah.org/index.php/deepa/article/view/149>.
- [23] R. Hidayat and M. Sibali, *Prototype Sistem Monitoring dan Pengendalian Kualitas Air pada Pembudidayaan Ikan Cupang Berbasis Mikrokontroler*. eLibrary.undipa.ac.id, 2022.
- [24] A. Surya, *MONITORING KUALITAS AIR DENGAN PARAMETER SUHU, PH, DAN TDS PADA SISTEM AKUAPONIK IKAN LELE BERBASIS IOT*. eprints.untirta.ac.id, 2023.
- [25] L. D. F. Lutfi, *SISTEM MONITORING KUALITAS AIR KOLAM LELE MENGGUNAKAN SENSOR DS18B20 DAN SENSOR PHMETER*. repository.ukri.ac.id, 2022.
- [26] D. A. Susilo, J. Maulindar, and M. E. Yuliana, "Perancangan Alat Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis Internet Of Things," *Innov. J. Soc. ...*, 2023, [Online]. Available: <http://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/628>.
- [27] Y. Yulisman and A. Fakhri, "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan PLN," *J. Electr. Power Control ...*, 2022, [Online]. Available: <http://jepca.unbari.ac.id/index.php/jec/article/view/68>.
- [28] F. Albeni, *Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan PLN*. eprints.umsb.ac.id, 2022.
- [29] Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif dan Kombinasi*. Bandung: Alfabeta, 2013.
- [30] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2013.