

RANCANG BANGUN SISTEM MONITOR KONDISI AIR DAN PAKAN BERBASIS IOT DENGAN CATU DAYA PLTS PADA KOLAM LELE

I Komang Alit Astawa¹, Putu Ananta Sastra Wijaya², I Made Aditya Wirawan³,
IGAP Raka Agung⁴, I N Setiawan⁵, I W Shandyasa⁶,
Pratolo Rahardjo⁷, Yoga Divayana⁸

^{1,2,3}Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{4,5,6,7,8}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus UNUD, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80361

Email : alitastawa0102@gmail.com¹, ananta.sastra@gmail.com², madeaditya97@gmail.com³,
rakaagung@unud.ac.id⁴, setiawan@unud.ac.id⁵, sandyasa@unud.ac.id⁶,
pratolo@unud.ac.id⁷, yoga@unud.ac.id⁸

ABSTRAK

Budidaya ikan lele membutuhkan pengawasan kualitas air kolam dan manajemen pemberian pakan yang baik. Keterbatasan waktu peternak dalam memantau kolam secara langsung menjadi tantangan dalam menjaga kualitas air dan ketepatan jadwal pemberian pakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan perangkat pemantauan kualitas air menggunakan sensor serta sistem pemberian pakan otomatis terjadwal. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem berbasis model ADDIE, yang terdiri dari lima tahapan: *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Perangkat yang dikembangkan terdiri dari sensor dan aktuator. Data sensor ditampilkan melalui platform Firebase serta layar OLED pada *panel box*. Sistem menggunakan panel surya 120 Wp dengan baterai LiFePO₄ 12V 22Ah sebagai sumber daya. Pengujian selama 3 hari (18-20 Mei 2025) menunjukkan suhu rata-rata air kolam menggunakan sensor DS18B20 yaitu 25,1°C, nilai pH rata-rata menggunakan sensor pH-4502c yaitu 7,7, volume pakan berkurang dari 6 kg menjadi 4,9 kg (dari 100% menjadi 83%) yang diukur menggunakan sensor HC-SR04, dan tegangan baterai antara 13,2-13,8V diukur menggunakan sensor INA219. Pemberian pakan otomatis dilakukan menggunakan kombinasi motor DC dan Servo yang dilakukan menggunakan kombinasi motor DC dan servo. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem berhasil mengintegrasikan pemantauan kualitas air dan pemberian pakan otomatis terjadwal menggunakan platform Firebase. Sistem ini berpotensi diterapkan oleh peternak untuk mengatasi keterbatasan waktu dalam pemantauan kolam secara langsung.

Kata kunci : Kolam lele, Firebase, PLTS, IoT (*Internet of Things*).

ABSTRACT

Catfish farming requires proper monitoring of pond water quality and feed management. Limited time for farmers to monitor ponds directly poses challenges in maintaining water quality and feeding schedule accuracy. This study aims to implement a water quality monitoring device using sensors and an automated scheduled feeding system. This research uses a system development method based on the ADDIE model, consisting of five stages: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The developed device consists of sensors and actuators. Sensor data is displayed through the Firebase platform and OLED screen on the panel box. The system uses a 120 Wp solar panel with a LiFePO₄ 12V 22Ah battery as a power source. Testing for 3 days (May 18-20, 2025) showed an average pond water temperature of 25.1°C using DS18B20 sensor, average pH value of 7.7 using pH-4502c sensor, feed volume decreased from 6 kg to 4.9 kg (from 100% to 83%) measured using HC-SR04 sensor, and battery voltage between

13.2-13.8V measured using INA219 sensor. Automated feeding is carried out using a combination of a DC motor and servo motor. The results indicate that the system successfully integrates water quality monitoring and scheduled automated feeding using the Firebase platform. This system has the potential to be applied by fish farmers to overcome time constraints in direct pond monitoring.

Key Words : Catfish pond, Firebase, Solar Power System, Internet of Things (IoT).

1. PENDAHULUAN

Budidaya ikan lele merupakan salah satu usaha yang banyak diminati masyarakat karena kemudahan pemeliharaan dan biaya yang relatif terjangkau. Namun, keberhasilan budidaya sangat bergantung pada kualitas air dan manajemen pakan. Kualitas air yang tidak memenuhi standar pada kolam lele dapat membahayakan keberlangsungan hidup, kesehatan, dan pertumbuhan ikan. Salah satu faktor penyebab kegagalan dalam budidaya lele adalah nilai pH yang ekstrem (terlalu asam atau basa) dan suhu yang tidak sesuai. Ikan lele idealnya dipelihara dalam kolam dengan pH 6,5–8,5 dan suhu 20–30°C, dengan suhu optimal sekitar 27°C [1][2][3].

Di Desa Mambang, Kabupaten Tabanan, Made Agus Sanjaya, S.Sn., sebagai pemilik kolam lele Pondok Naren sekaligus pengajar di SOS *Children's Village* Bali, menghadapi kendala dalam mengelola usahanya sebagai peternak ikan. Kesibukan beliau dalam mengajar membuat proses pengelolaan kolam terutama dalam hal pemberian pakan ikan dan pemantauan kualitas air, tidak berjalan secara maksimal. Maka diperlukan sebuah teknologi yang dapat memantau dan memberikan pakan otomatis terjadwal pada kolam lele.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pengembangan sistem otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan sensor, aktuator, dan platform pemantauan berbasis internet untuk kontrol nirkabel. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitor kondisi air dan pakan berbasis IoT dengan catu daya PLTS pada kolam lele. Perangkat ini digunakan untuk memantau suhu air kolam, pH air kolam, ketinggian air, ketersediaan pakan dalam penyimpanan, pemberian pakan

otomatis, serta melakukan proses pengurusan dan pengisian air kolam yang dikendalikan melalui platform Firebase.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem *monitoring* dan pemberian pakan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Salah satunya adalah penelitian oleh Ihtisyamuddin dkk. (2023) yang berjudul "*Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air dan Pemberi Pakan Otomatis pada Kolam Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet of Things di MBS Yogyakarta*." Penelitian tersebut merancang sistem untuk memantau parameter kualitas air seperti pH, suhu, dan ketinggian air secara *real-time*, serta pemberian pakan otomatis berdasarkan jadwal yang ditentukan. Meskipun metode pengembangan yang digunakan serupa, sistem yang dirancang dalam penelitian ini memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan penelitian sebelumnya [4].

Pertama, sistem ini menggunakan sensor *float switch* untuk mengukur ketinggian air, sehingga pembacaan lebih stabil dan sesuai dengan titik level yang telah ditentukan. Kedua, sistem ini dilengkapi dengan sensor ultrasonik pada penyimpanan pakan untuk memantau ketersediaan pakan, fitur yang belum tersedia pada penelitian Luthfan. Ketiga, mekanisme pelontaran pakan pada sistem ini dirancang lebih baik karena menggunakan sirip pengarah yang dapat mendistribusikan pakan merata tidak hanya di satu tempat. Keempat, sistem ini telah memiliki fitur kontrol pengisian dan pengurusan air kolam secara nirkabel, yang memberikan kemudahan dalam manajemen kualitas air. Kelima, sebagai sumber daya, sistem ini menggunakan panel surya *off-grid* (PLTS) yang ramah lingkungan dan tidak bergantung pada sumber listrik konvensional. Keenam, kapasitas

penyimpanan pakan yang digunakan juga lebih besar, mendukung operasi yang lebih tahan lama tanpa pengisian ulang. Terakhir, sistem ini dikembangkan menggunakan ESP32 *devkit* yang memiliki performa lebih tinggi serta jumlah GPIO lebih banyak dibandingkan ESP8266, sehingga lebih fleksibel dalam mendukung banyak sensor dan aktuator secara bersamaan.

Dengan adanya perangkat ini, proses pemantauan dan pengelolaan kolam seperti pemberian pakan, pengurasan, dan pengisian air dapat dilakukan secara otomatis dan jarak jauh melalui Firebase, sehingga tetap dapat dijalankan meskipun pemilik kolam memiliki keterbatasan waktu karena kesibukan mengajar.

Sistem ini menggunakan panel surya monokristalin berkapasitas 120 Wp yang terhubung ke *Solar Charge Controller* (SCC) untuk mengatur pengisian baterai LiFePO4 12V 22Ah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Ikan lele merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang memiliki karakteristik unik yaitu adanya organ tambahan di sekitar insang yang memungkinkan mereka bertahan hidup meskipun berada di perairan dengan kandungan oksigen yang rendah. Kadar keasaman (pH) air yang ideal untuk ikan lele berkisar antara 6,5 hingga 8,5 serta suhu optimal pertumbuhan ikan lele berkisar antara 20°C hingga 30°C dengan suhu ideal berada di sekitar 27°C [3].

Untuk membangun sistem, diperlukan perangkat mikrokontroler yang mampu terhubung dengan berbagai sensor dan aktuator. Salah satu perangkat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ESP32. ESP32 *devkit* merupakan mikrokontroler terintegrasi berbasis arsitektur *System on Chip* yang menyediakan fitur konektivitas *Wi-Fi* dengan dukungan protokol 802.11 b/g/n dan teknologi *Bluetooth* 4.2, serta dilengkapi dengan berbagai perangkat periferal. Sistem ini terdiri dari processor, unit memori, dan *interface* GPIO yang memberikan kemampuan untuk mengakses jaringan *wireless* secara langsung tanpa perlu

menambahkan modul komunikasi eksternal [5].

Untuk memperoleh data kondisi air kolam, ESP32 dihubungkan dengan berbagai sensor. Salah satu sensor yang digunakan adalah sensor pH-4502c dengan *probe* elektrode, yang berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman (pH) air kolam. Sensor ini berfungsi dengan mendeteksi jumlah ion H_3O^+ dalam larutan. Gambar 1 merupakan sensor pH-4502c [6].



Gambar 1 Sensor pH-4502c

Selain itu, digunakan sensor suhu DS18B20, yaitu sensor digital tahan air untuk mengukur suhu air kolam. Sensor ini dapat membaca suhu dalam rentang suhu -10 hingga 85°C. Gambar 2 merupakan sensor suhu DS18B20 [7].



Gambar 2. Sensor Suhu DS18B20

Sensor INA219 digunakan untuk mengukur tegangan dalam suatu rangkaian listrik dengan dukungan antarmuka I2C, yang memudahkan perangkat untuk melacak tegangan suplai bus, serta memungkinkan pengaturan waktu konversi dan filter [8].

Float switch digunakan untuk mendeteksi ketinggian atau level cairan dalam wadah. Prinsip kerja *float switch* ini aktivasi ON dan OFF dikontrol oleh pelampung [9].

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk menghitung jarak antara sensor dengan sebuah objek. Sensor ini mampu mengukur jarak hingga 4 meter dengan jarak minimum pengukuran 2 cm [10].

Setelah pembacaan data dari sensor, sistem melakukan aksi kontrol menggunakan beberapa aktuator. Salah satunya adalah motor DC yang digunakan sebagai pelontar pakan ke dalam kolam.

Motor DC merupakan perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik dan juga dikenal sebagai motor arus searah. Prinsip kerja motor DC memanfaatkan fenomena elektromagnet untuk menghasilkan gerakan [11].

Selain motor DC, sistem juga menggunakan motor servo MG996R dan SG90 sebagai aktuator rotasional. Motor servo bekerja berdasarkan prinsip *closed-loop feedback* yang memungkinkan pengaturan serta pemeliharaan sudut posisi tertentu pada poros keluarannya. Aktuator ini digunakan untuk mengontrol bukaan katup pakan dan katup penguras kolam [12].

Solenoid valve digunakan dalam sistem ini untuk mengatur proses pengisian air ke dalam kolam secara nirkabel. Komponen ini bekerja sebagai katup yang digerakkan oleh energi listrik, dengan menggunakan kumparan sebagai aktuator untuk menggerakkan piston [12].

Real Time Clock (RTC) digunakan dalam sistem ini untuk memberikan waktu yang akurat dalam penjadwalan otomatis pemberian pakan. RTC berfungsi sebagai penunjuk waktu sesuai dengan kondisi sebenarnya, dan tetap bekerja meskipun sistem utama dimatikan atau kehilangan daya karena dilengkapi dengan baterai cadangan. Dengan adanya RTC, sistem dapat menjalankan aksi secara tepat waktu tanpa bergantung pada koneksi internet [13].

Relay adalah sakelar elektrik yang merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak sakelar/*switch*) [12].

Selain kontrol otomatis melalui Firebase, sistem ini juga dilengkapi dengan kontrol manual menggunakan beberapa komponen. Komponen *Push Button* digunakan untuk mengaktifkan atau membuat sistem bekerja (ON). Sakelar ini juga dikenal sebagai *Momentary N.O (Normally Open)*. Digunakan untuk memberikan pakan secara manual [14].

Selector Switch juga digunakan untuk pengisian dan pengurasan air secara

manual. Sakelar ini dioperasikan dengan cara diputar dan berfungsi untuk memilih salah satu dari dua posisi yang tersedia [14].

Untuk memudahkan pemantauan, sistem ini dilengkapi dengan OLED pada *panel box*. Modul OLED I2C 0.96 inci merupakan display grafis berukuran 128 × 64 piksel yang menggunakan teknologi OLED. Layar ini digunakan untuk menampilkan informasi seperti suhu, pH, ketinggian air, dan status sistem [15].

Panel surya digunakan sebagai sumber energi utama pada sistem ini untuk menggantikan listrik konvensional. Panel ini berfungsi mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik yang terjadi pada material semikonduktor. Energi yang dihasilkan digunakan untuk mengisi daya baterai yang kemudian menyuplai seluruh komponen sistem [16].

Menentukan total beban:

Total beban pemakaian selama 24 jam dapat dihitung menggunakan persamaan 1 [16].

$$\text{Energi harian} = \text{Daya (Watt)} \times \text{Lama Pemakaian (h)} \dots\dots\dots(1)$$

Menentukan jumlah panel:

Menentukan jumlah panel dapat dihitung menggunakan persamaan 2 dan 3 [16].

$$\text{Total Energi} = \text{Energi Harian (Wh)} + (\text{Energi Harian} \times \text{Rugi-Rugi Sistem (\%)}) \dots\dots\dots(2)$$

Jumlah panel surya =

$$\frac{\text{Total Energi (Wh)}}{\text{Kapasitas Panel} \times \text{Waktu Optimal Penyinaran (jam)}} \dots\dots\dots(3)$$

Menentukan kapasitas baterai:

Kapasitas baterai dapat dihitung menggunakan persamaan 4 [16].

$$C = \frac{E_d}{V_s \times DOD} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan:

C = Kapasitas Baterai (Ampere-hour)

E_d = Konsumsi Energi Harian (Wh)

V_s = Tegangan Baterai (Volt)

DOD = Kedalaman maksimum untuk pengosongan baterai (%)

Solar charge controller digunakan untuk mengontrol arus DC yang akan

disuntikan ke baterai. SCC (*Solar Charge Controller*) juga berperan membatasi arus dan tegangan agar proses pengisian baterai tetap aman serta mencegah kelebihan daya dari panel surya [17].

Untuk menyimpan energi dari panel surya, sistem ini menggunakan baterai. Baterai LiFePO₄ (*Lithium Iron Phosphate*) berkapasitas 264Watt adalah salah satu jenis baterai *lithium* yang dikenal karena stabilitas termal dan kimia yang sangat baik, lebih tahan terhadap *overcharging* dan *overheating*, sehingga risiko kebakaran atau ledakan menjadi lebih kecil [18].

Firestore digunakan dalam sistem ini sebagai platform pengelolaan sensor dan aktuator secara nirkabel. Firestore adalah platform yang menyediakan layanan *database* dan *Backend as a Service* (BaaS) secara *real-time* yang dimiliki oleh Google. Firestore memiliki pustaka yang dapat digunakan untuk pengembangan aplikasi *web* dan *mobile* [19].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kolam lele yang dirancang menyerupai kondisi asli kolam Pondok Naren, berlokasi di Desa Mambang, Kabupaten Tabanan. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan selama 6 bulan dimulai dari bulan Januari 2025 hingga Juni 2025. Pengambilan data dilakukan selama tiga hari, yaitu pada tanggal 18–20 Mei 2025.

3.2 Tahapan Penelitian

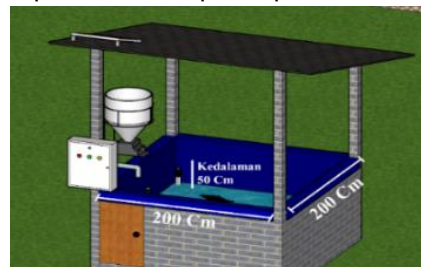
Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem berbasis model ADDIE, yang terdiri dari lima tahapan: *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Pada tahap analisis dilakukan studi literatur untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem. Tahap desain mencakup perancangan diagram blok sistem serta rancangan perangkat keras dan lunak secara terpisah. Tahap pengembangan meliputi pengujian masing-masing blok sistem dan evaluasi kesesuaiannya dengan rancangan. Tahap implementasi dilakukan melalui proses perakitan prototipe kolam beserta integrasi

sistem perangkat lunak. Serta pada tahap evaluasi dilakukan uji coba menyeluruh terhadap sistem untuk menilai kinerja keseluruhan dan memastikan fungsi berjalan sesuai tujuan perancangan.

3.3 Perancangan Prototipe

3.3.1 Perancangan Prototipe Kolam

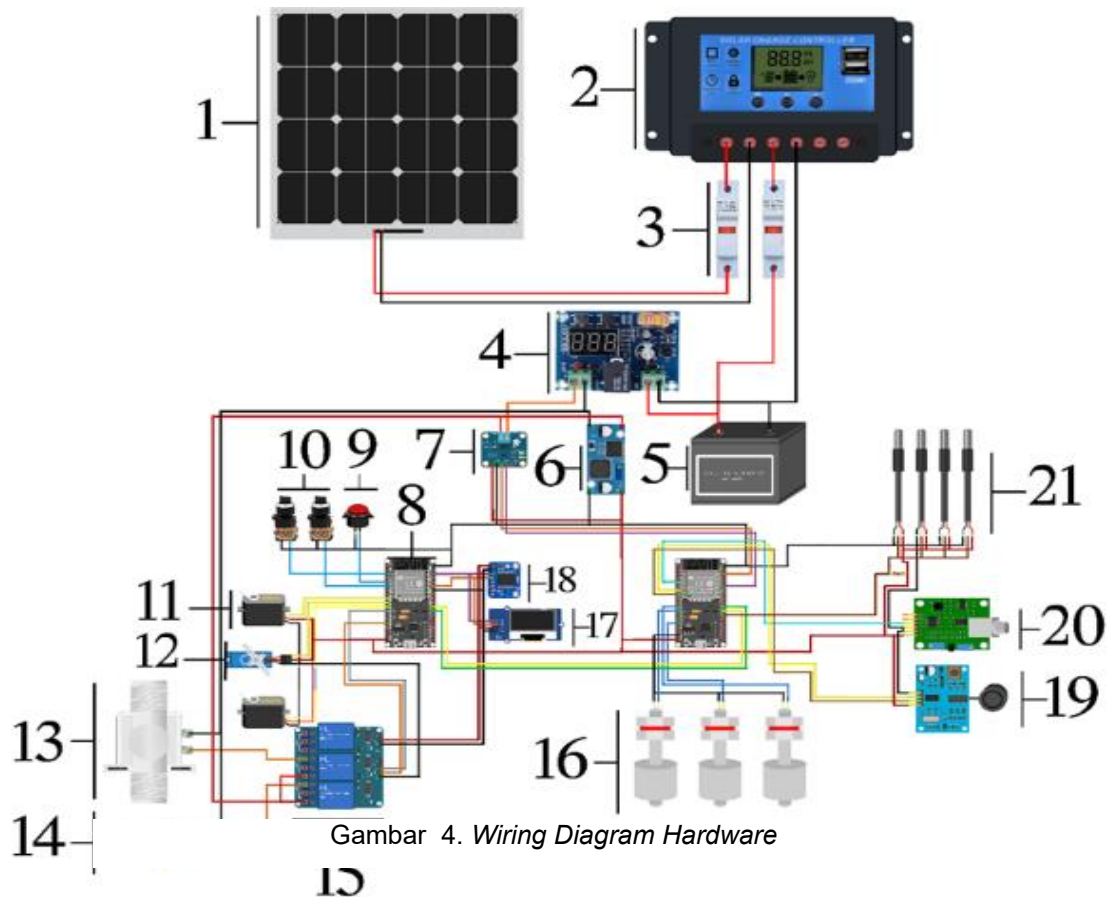
Perancangan prototipe dilakukan dengan membangun sistem yang menyerupai kondisi asli pada kolam Pondok Naren berukuran 2 m x 2 m kedalaman 0,5 m dengan dasar terpal. Gambar 3 merupakan desain prototipe kolam lele.



Gambar 3. Desain Prototipe Kolam

3.3.2 Perancangan Hardware

Perancangan perangkat keras dalam sistem ini melibatkan beberapa komponen utama, yaitu perangkat *input*, perangkat pengendali, dan perangkat *output*. Perangkat input terdiri atas sensor-sensor. Perangkat pengendali terdiri atas ESP32 *devkit*, yang berperan dalam memproses sensor suhu DS18B20, sensor pH-4502c, sensor ultrasonik HC-SR04, *float switch*, sensor INA219, RTC DS3231, mengatur kinerja aktuator, serta mengirimkan data ke Firestore. Sementara itu, perangkat *output* meliputi motor DC, motor servo, OLED, dan *solenoid valve*, yang digunakan untuk menjalankan aksi sesuai dengan perintah ESP32 *devkit* dijalankan dengan bantuan *software* Arduino IDE sebagai *editor* dan *compiler*. Gambar 4. merupakan *wiring diagram hardware*.



Keterangan:

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. Panel Surya. | 12. Motor Servo SG90. |
| 2. SCC. | 13. Solenoide Valve. |
| 3. Fuse. | 14. Motor DC. |
| 4. LVD. | 15. Relay. |
| 5. Baterai. | 16. Float Switch. |
| 6. Step Down. | 17. OLED. |
| 7. Sensor INA219. | 18. RTC DS3231. |
| 8. ESP32 devkit. | 19. Sensor HC-SR04. |
| 9. Push Button. | 20. Sensor pH-4502c. |
| 10. Selector Switch. | 21. Sensor DS18B20. |
| 11. Motor Servo MG996R. | |

3.3.3 Perancangan PLTS

A. Perancangan Kapasitas Baterai

Untuk menentukan kapasitas baterai, dilakukan perhitungan penggunaan energi sistem. Berdasarkan perhitungan konsumsi daya seluruh komponen sistem menggunakan data dari *datasheet* dan estimasi durasi operasional harian, diperoleh total konsumsi energi selama 24 jam sebesar 123,8 Wh. Berdasarkan persamaan 2 sebelum mencari kapasitas baterai, dilakukan perhitungan total energi sistem harian.

Total Energi = Energi Harian (Wh) + (Energi Harian (Wh) x Rugi-Rugi Sistem (%))

Total Energi = 123,8 Wh + (123,8 Wh x 20%)

Total Energi = 123,8 Wh + 24,7 Wh

Total Energi = 148,5 Wh.

Berdasarkan hasil perhitungan total konsumsi energi harian sistem, dapat ditentukan kapasitas baterai menggunakan persamaan 4.

$$C = \frac{Ed}{V_s \times DOD}$$

Mencari kapasitas baterai.

$$C = \frac{148,5 \text{ Wh}}{12 \text{ v} \times 80\%}$$

$$C = \frac{148,5 \text{ Wh}}{9,6 \text{ v}}$$

$$C = 15,46 \text{ Ah}$$

Dari perhitungan, kapasitas baterai yang diperlukan untuk menyuplai daya pada sistem adalah 15,46 Ah. Kapasitas baterai yang tersedia di pasaran, digunakan baterai 12 V 22 Ah jenis LiFePO4 sebagai sumber energi untuk sistem.

B. Perancangan Jumlah Panel Surya

Total energi harian yang dibutuhkan oleh sistem yaitu 148,5 Wh per hari. Untuk menentukan kapasitas panel surya, nilai tersebut dikaitkan dengan durasi penyinaran matahari efektif (*Peak Sun Hour*) di lokasi penelitian. Berdasarkan data dari *Global Solar Atlas*, wilayah Desa Mambang, Kabupaten Tabanan memiliki rata-rata penyinaran sebesar 5 jam per hari. Dengan nilai ini, kapasitas panel surya dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$\text{Panel surya} = \frac{148,5 \text{ Wh}}{120 \text{ Wp} \times 5 \text{ jam}}$$

$$= 0,24 \text{ buah}$$

Untuk mendapatkan daya yang diinginkan menggunakan panel surya berkapasitas 120 Wp harus menggunakan panel sebanyak 0,24 buah atau dibulatkan menjadi 1 buah panel surya.

3.3.4 Perancangan Sistem Pemantauan Berbasis Firebase

Sistem ini dirancang agar dapat dipantau dan dikendalikan secara nirkabel melalui platform Firebase. Firebase *Realtime Database* dipilih sebagai media penyimpanan data karena mendukung komunikasi dua arah antara perangkat IoT dan pengguna. Integrasi sistem dimulai dengan konfigurasi ESP32 *devkit* untuk mengirimkan data sensor ke Firebase *Realtime Database* dalam format JSON. Setiap data disimpan dengan struktur yang terorganisir sehingga memudahkan dalam proses pembacaan, pemantauan, dan pengambilan keputusan.

Peternak dapat memantau kondisi kolam dengan mengakses Firebase melalui antarmuka *web* konsol Firebase. Tampilan bawaan Firebase menampilkan data dalam format *tree structure*, yang mempermudah pengguna dalam menelusuri data secara sistematis. Parameter yang ditampilkan meliputi suhu air kolam, pH air kolam, ketinggian air kolam, level pakan dalam penyimpanan, tegangan baterai, jadwal pemberian pakan, jumlah pakan, serta status aktuator.

Selain pemantauan, Firebase juga digunakan untuk mengendalikan sistem secara jarak jauh. Melalui perubahan nilai pada *database*, pengguna dapat

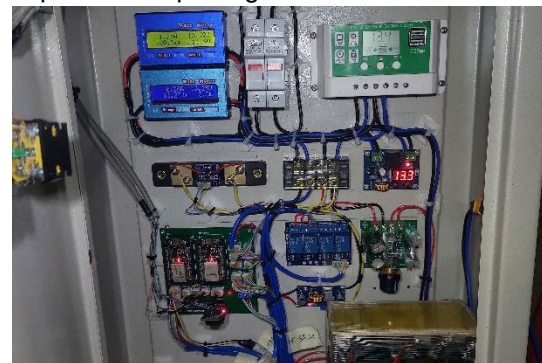
mengaktifkan aktuator seperti sistem pemberi pakan, pengisian air, maupun pengurasan air secara nirkabel.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun *Hardware*

Penelitian ini menghasilkan perangkat monitor kondisi air dan pakan berbasis IoT dengan catu daya PLTS, yang diimplementasikan pada kolam lele. Sistem ini terdiri atas berbagai komponen sensor dan aktuator yang dikendalikan oleh ESP32 *devkit*. Sensor suhu DS18B20 dan sensor pH-4502c dipasang di dalam kolam, sedangkan tiga buah *float switch* dipasang pada ketinggian berbeda (25 cm, 50 cm, dan 60 cm) untuk mendeteksi level air. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk memantau sisa pakan dalam wadah penyimpanan.

Untuk aktuator, motor DC digunakan sebagai pelontar pakan, sedangkan dua motor servo (MG996R dan SG90) berfungsi sebagai pembuka katup pakan dan pengarah lontaran. Motor servo MG996R lainnya digunakan untuk membuka katup pengurasan, dan *solenoid valve* dipasang pada pipa pengisian air. Sistem mendapat suplai daya dari panel surya 120 Wp yang dipasang di atap kolam dan energi yang dihasilkan disimpan dalam baterai LiFePO4 12V 22Ah. Seluruh rangkaian sensor, aktuator, serta modul pendukung sistem dihubungkan dan ditata dalam *panel box* sebagai pusat kontrol sistem. Gambar 5 merupakan gambar *panel box* perangkat serta Gambar 6 merupakan gambar implementasi perangkat.



Gambar 5. *Panel Box* Perangkat



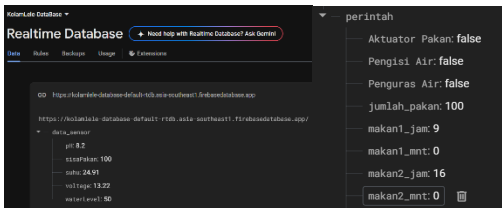
Gambar 6. Hasil Implementasi Perangkat

4.2 Hasil Rancang Bangun Sistem Pemantauan Berbasis Firebase

Sistem pemantauan berbasis Firebase telah berhasil diimplementasikan pada perangkat monitor kondisi air dan pakan ini. Firebase *Realtime Database* digunakan sebagai platform penyimpanan data dan pengendalian sistem yang dapat diakses secara nirkabel oleh pengguna melalui konsol Firebase.

Struktur *database* dirancang dengan hierarki *node* yang terorganisir. *Node* utama “*data_sensor*” berisi data pembacaan suhu, pH, ketinggian air, level pakan, dan tegangan baterai. Selain itu, terdapat *node* “*perintah*” yang digunakan untuk menyimpan jadwal pemberian pakan dan status kontrol ON/OFF aktuator, seperti sistem pengisi air, penguras, dan pemberi pakan.

Pengguna dapat mengaktifkan aktuator secara manual melalui Firebase dengan mengubah nilai pada *node* terkait, misalnya dengan mengganti nilai “*false*” menjadi “*true*” pada *node* kontrol yang diinginkan. Dengan cara ini, kontrol sistem dapat dilakukan dari jarak jauh tanpa interaksi langsung dengan perangkat. Gambar 7 merupakan implementasi Firebase dalam perangkat.



Gambar 7. Implementasi Firebase dalam Perangkat

4.3 Pengujian dan Pembahasan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mendapatkan semua komponen sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Tabel 1 merupakan data hasil pengujian perangkat secara keseluruhan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Keseluruhan

Tanggal	Keterangan
18/05/2025	Pada pukul 09.00, tegangan baterai 13,23 V, suhu air 24,9°C, nilai pH 8,2, dan ketinggian air 50 cm. Ketersediaan pakan 100%, dengan Jadwal pakan otomatis (09.00 dan 16.00). Pada pukul 09.00, sistem sedang aktif melakukan pemberian pakan aktif secara otomatis sesuai jadwal.
	Pada pukul 13.00, tegangan baterai 13,51 V, suhu air 25,22°C, nilai pH 8,2, dan ketinggian air 50 cm. Ketersediaan pakan 98%, dengan Jadwal pakan otomatis (09.00 dan 16.00).
	Pada pukul 16.00, sistem sedang aktif melakukan pemberian pakan secara otomatis sesuai jadwal.
	Pada pukul 19.00, tegangan baterai 13,2 V, suhu air 25,28°C, nilai pH 6,6, dan ketinggian air 50 cm. Ketersediaan pakan 96%, dengan Jadwal pakan otomatis (09.00 dan 16.00).
19/05/2025	Pada pukul 09.00, tegangan baterai 13,22 V, suhu air 24,97°C, nilai pH 8,2, dan ketinggian air 50 cm. Ketersediaan pakan 96%, dengan Jadwal pakan otomatis (09.00 dan 16.00). Pada waktu ini, sistem sedang aktif melakukan pemberian pakan secara otomatis sesuai jadwal.
	Pada pukul 13.00, tegangan baterai 13,83 V, suhu air 25,19°C, nilai pH 8,2, dan ketinggian air 50 cm. Ketersediaan pakan 91%, dengan Jadwal pakan otomatis (09.00 dan 16.00).

20/05/ 2025	Pada pukul 16.00, sistem sedang aktif melakukan pemberian pakan secara otomatis sesuai jadwal.
	Pada pukul 19.00, tegangan baterai 13,2 V, suhu air 25,28°C, nilai pH 6,6, dan ketinggian air 50 cm. Ketersediaan pakan 88%, dengan Jadwal pakan otomatis (09.00 dan 16.00).
	Pada pukul 09.00, tegangan baterai 13,36 V, suhu air 24,87°C, nilai pH 8,2, dan ketinggian air 50 cm. Ketersediaan pakan 88%, dengan Jadwal pakan otomatis (09.00 dan 16.00). Pada pukul 09.00, sistem sedang aktif melakukan pemberian pakan aktif secara otomatis sesuai jadwal.
	Pada pukul 13.00, tegangan baterai 13,64 V, suhu air 25,1°C, nilai pH 8,2, dan ketinggian air 50 cm. Ketersediaan pakan 86%, dengan Jadwal pakan otomatis (09.00 dan 16.00).
	Pada pukul 16.00, sistem sedang aktif melakukan pemberian pakan secara otomatis sesuai jadwal.
	Pada pukul 19.00, tegangan baterai 13,31 V, suhu air 25,31°C, nilai pH 7,76, dan ketinggian air 50 cm. Ketersediaan pakan 83%, dengan Jadwal pakan otomatis (09.00 dan 16.00). Serta dilakukan pengujian pengurasan dan pengisian air dengan hasil aktuator berhasil bekerja sesuai dengan perintah.

Berdasarkan hasil pengujian selama periode 18-20 Mei 2025 pada pukul 09.00, 13.00, 16.00 dan 19.00, parameter kondisi air seperti pH air kolam, suhu air kolam, ketinggian air kolam, ketersediaan pakan dalam penyimpanan berhasil diukur menggunakan sensor. Sensor suhu DS18B20 mencatat suhu air kolam dalam kisaran 24,8–25,5°C dengan rata-rata 25,1°C. Nilai ini berada dalam rentang optimal pertumbuhan ikan lele (20–30°C), sehingga mendukung proses metabolisme ikan secara maksimal. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip *1-Wire digital thermometer*, yang memungkinkan pertukaran data antara sensor dan mikrokontroler melalui satu kabel dan memberikan *output* dalam format digital.

Sensor pH-4502C mencatat nilai pH antara 6,6 hingga 8,2, dengan rata-rata 7,7. Rentang ini mengindikasikan bahwa kondisi

air bersifat netral hingga sedikit basa, yang sesuai dengan standar kualitas air untuk budidaya lele (6,5–8,5). Sensor ini bekerja dengan membaca tegangan analog dari elektroda pH yang berubah sesuai konsentrasi ion hidrogen dalam air. Nilai pH yang relatif stabil menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan signifikan pada kualitas air selama masa pengujian, sehingga kondisi lingkungan kolam tetap mendukung bagi pertumbuhan dan kesehatan ikan.

Pemantauan tinggi permukaan air kolam dilakukan menggunakan tiga buah *float switch* yang dipasang pada level berbeda, yaitu rendah (25 cm), ideal (50 cm), dan tinggi (60 cm). Selama periode pengujian, pembacaan secara konsisten menunjukkan posisi air berada pada level ideal 50 cm. Pembacaan dari *float switch* tetap berperan penting dalam memberikan informasi kondisi air melalui tampilan di OLED dan Firebase, yang dapat dijadikan dasar keputusan oleh peternak.

Pemantauan ketersediaan pakan dilakukan oleh sensor HC-SR04 yang mendeteksi ketinggian permukaan pakan dalam wadah. Sensor ini menggunakan prinsip pantulan gelombang ultrasonik dan diposisikan pada tutup tempat pakan untuk mendapatkan nilai yang sebenarnya. Terjadi penurunan dari 6 kg menjadi 4,9 kg selama tiga hari, yang sesuai dengan waktu pemberian pakan otomatis (pukul 09.00 dan 16.00). Ini menunjukkan bahwa sistem pelontar pakan berfungsi secara terjadwal dan mekanisme pelontaran berlangsung tanpa hambatan.

Sistem pemberian pakan otomatis aktif pada pukul 09.00 dan 16.00. RTC DS3231 memberikan pembacaan waktu sebagai dasar penjadwalan. Motor servo MG996R dan SG90 berfungsi untuk membuka katup pakan dan mengarahkan lontaran pakan, sementara motor DC digunakan untuk melontarkan pakan ke kolam sesuai jadwal yang telah ditentukan melalui Firebase. Jadwal yang konsisten dan akurat menunjukkan bahwa RTC DS3231 memberikan waktu yang stabil. Fungsi motor servo dan motor DC yang

bekerja sesuai perintah Firebase menunjukkan keberhasilan sistem dalam menjalankan perintah terjadwal dengan sinkronisasi waktu dan logika kontrol yang tepat. Adanya sirip pengarah pada mekanisme pelontar membantu mendistribusikan pakan ke area kolam yang lebih luas.

Pengisian dan pengurasan air juga berhasil diuji. *Solenoid valve* yang dipasang pada pipa pengisi air aktif saat perintah diberikan melalui Firebase, dan motor servo MG996R yang terpasang pada katup pembuangan air bekerja membuka dan menutup saluran dengan respons sesuai instruksi. *Solenoid valve* yang terpasang pada pipa pengisi air bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, di mana aliran air terbuka saat kumparan diberi tegangan melalui perintah dari ESP32.

Tegangan baterai LiFePO₄ tercatat pada kisaran 13,2–13,4V pukul 09.00, naik menjadi 13,5–13,8V pukul 13.00, dan berada di sekitar 13,2–13,3V pukul 19.00. Panel surya 120 Wp mengisi baterai melalui *Solar Charge Controller*, dan modul *step-down* XL4015 menyediakan tegangan 5V untuk ESP32 serta komponen lainnya.

Tegangan meningkat dari 13,2V menjadi 13,8V pada siang hari mengindikasikan arus pengisian sedang berlangsung. Penggunaan *Solar Charge Controller* menjaga agar pengisian tidak *overcharge* dan *step-down* XL4015 menjaga stabilisasi tegangan 5V untuk komponen 5V seperti ESP32. Sistem suplai daya ini menunjukkan bahwa perangkat dapat beroperasi tanpa ketergantungan pada listrik PLN.

ESP32 *devkit* mengirimkan data sensor ke Firebase *Realtime Database* yang ditampilkan melalui antarmuka bawaan Firebase. Data dapat diakses secara nirkabel melalui *web browser*, maupun secara langsung melalui layar OLED yang terpasang pada *panel box*. Pengguna dapat memantau parameter seperti suhu, pH, tinggi air, tegangan baterai, dan sisa pakan, serta mengatur jadwal pemberian pakan pada *node* “perintah”. Pengaktifan aktuator

secara manual juga dapat dilakukan dengan mengubah nilai dari “*false*” menjadi “*true*” pada *node* Firebase terkait. Sistem berhasil mengintegrasikan pengumpulan data, pengendalian aktuator, dan antarmuka pengguna ke dalam satu platform yang saling terhubung. Penggunaan Firebase memungkinkan komunikasi dua arah antara pengguna dan perangkat secara langsung untuk pemantauan maupun pengendalian jarak jauh.

Salah satu kelemahan dari sistem ini adalah pemantauan kualitas air yang masih terbatas pada parameter suhu (DS18B20) dan pH (4502c) saja. Sistem tidak menambahkan sensor lain seperti sensor TDS atau kekeruhan, karena secara biologis ikan lele memiliki organ tambahan di sekitar insang yang memungkinkannya bertahan hidup dalam air dengan kadar oksigen rendah dan tingkat kekeruhan tinggi. Dengan kemampuan adaptasi tersebut, pemantauan difokuskan pada parameter yang paling berpengaruh langsung terhadap keseimbangan fisiologis lele, yaitu suhu dan pH.

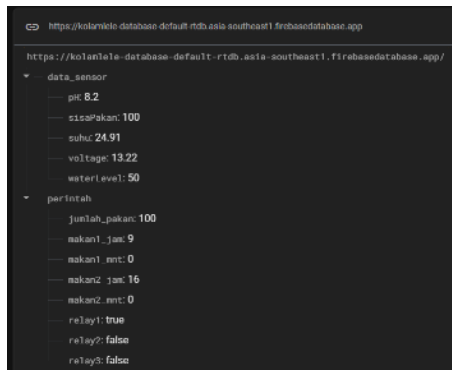
Kelemahan lainnya terletak pada penggunaan panel surya statis. Sistem tidak menggunakan *solar tracker* karena implementasinya membutuhkan komponen tambahan seperti motor penggerak, sensor cahaya, dan kontroler, yang akan menambah biaya serta kompleksitas sistem. Untuk sistem berskala kecil seperti ini, panel statis dinilai sudah cukup menghasilkan daya yang dibutuhkan, sehingga efisiensi tambahan dari *solar tracker* belum terlalu signifikan.

Meskipun terdapat beberapa keterbatasan, sistem ini secara keseluruhan telah menunjukkan kinerja yang sesuai dengan fungsi yang dirancang. Hasil ini menunjukkan bahwa tujuan perancangan sistem telah tercapai sesuai ruang lingkup pengujian, dan sistem ini dapat menjadi solusi bagi peternak yang memiliki keterbatasan waktu untuk memantau kolam secara langsung karena aktivitas mengajar. Gambar 8 dan Gambar 9 merupakan

tampilan data sensor pada OLED dan Firebase *Realtime Database*.



Gambar 8. Tampilan Data Pada Layar OLED



Gambar 9. Tampilan Data Sensor pada Firebase

5. KESIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini yaitu Sistem Monitor Kondisi Air dan Pakan Berbasis IoT Dengan Catu Daya PLTS pada Kolam Lele berhasil diimplementasikan. Sistem ini mampu memantau parameter suhu air kolam, pH air kolam, ketinggian air kolam, tegangan baterai, dan level sisa pakan secara nirkabel melalui Firebase, serta secara langsung melalui tampilan OLED pada *panel box*. Jadwal pemberian pakan dapat diatur melalui Firebase dan dijalankan secara otomatis dua kali sehari.

Hasil pengujian selama 3 hari menunjukkan bahwa seluruh sensor dan aktuator bekerja sesuai dengan fungsinya. Sensor suhu DS18B20 mencatat suhu rata-rata 25,1°C, sensor pH-4502c mencatat nilai pH rata-rata 7,7, sensor ultrasonik HC-SR04 memantau penurunan pakan dari 100% (6 kg) menjadi 83% (4,9 kg), dan sensor INA219 mencatat tegangan baterai dalam rentang 13,2V hingga 13,8V. Sensor *float switch* yang dipasang pada tiga ketinggian berbeda (25 cm, 50 cm, 60 cm) berhasil mendeteksi level air. Sistem pengurusan dan pengisian air kolam dapat dikendalikan

dari Firebase menggunakan motor servo MG996R pada katup pembuangan dan *solenoid valve* pada pipa pengisi air. Panel surya berkapasitas 120 Wp yang dipasang di atap kolam berhasil mengisi baterai LiFePO4 12V 22Ah. Seluruh komponen terintegrasi dalam satu *panel box* dan telah diuji berjalan sesuai desain yang dirancang.

Hasil ini menunjukkan bahwa tujuan perancangan sistem telah tercapai sesuai ruang lingkup pengujian, dan sistem ini dapat menjadi solusi bagi peternak yang memiliki keterbatasan waktu untuk memantau kolam secara langsung karena aktivitas mengajar.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muslimah dan Y. Ramadeni. 2023. "Pembesaran Ikan Lele Mutiara dan Lele Sangkuriang di Balai Benih Ikan Lokal (BBI) Kota Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat". *Journal of Fisheries and Marine Applied Science* Vol. 1, No.2, Hal 80-88.
- [2] E. Patriono, R. Amalia, dan M. Sitia. 2021. "Kualitas air kolam budidaya dan kolam terpal untuk pertumbuhan ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) pada kelompok pembudidaya ikan Lele di Kabupaten PALI Sumatera Selatan". *Jurnal Sriwijaya Bioscientia* Vol. 2, No.3, Hal. 83-88.
- [3] T. Widodo, A. B. Santoso, S. I. Ishak, dan R. Rumeon. 2023. "Sistem Kendali Proporsional Kualitas Air berupa pH dan Suhu pada Budidaya Ikan Lele Berbasis IoT". *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)* Vol. 9, No. 1, Hal. 59–66.
- [4] Ihtisyamuddin, L., & Zakaria, M. 2023. "Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Dan Pemberi Pakan Otomatis Pada Kolam Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet of Things Di MBS (Muhammadiyah Boarding School) Yogyakarta". *Journal of Electronics and Education (JEED)* Vol. 1, No.2
- [5] R. A. Wagya. 2019. "Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi

- Internet of Things (IoT)". Jurnal Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer Vol. 8, No. 2, Hal. 238.
- [6] E. Mufida, R. S. Anwar, R. A. Khodir, dan I. P. Rosmawati. 2020. "Perancangan Alat Pengontrol pH Air untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno". Jurnal Inovasi dan Sains Teknik Elektro Vol. 1, No. 1, Hal. 13–19.
- [7] N. Salsabila dkk. 2023. "Rancang Alat Praktikum Untuk Mengukur Suhu Menggunakan Sensor Ds18B20 Berbasis Arduino Uno". Jurnal Sains Riset Vol. 13, No. 2, Hal. 409–418.
- [8] J. Bawalo, M. Rumbayan, dan N. M. Tulung. 2021. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rumah Kebun Desa Ammat Kabupaten Kepulauan Talaud". Jurnal Paper Knowledge. Toward a Media History of Documents Hal. 1–11.
- [9] L. Ihtisyamuddin dan M. Zakaria. 2023. "Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Dan Pemberi Pakan Otomatis Pada Kolam Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet of Things Di MBS (Muhammadiyah Boarding School) Yogyakarta". Journal of Electronics and Education (JEED) Vol.1, No. 2, Hal. 1-11.
- [10] C. M. A. Kurniawan, J. Sahertian, dan A. Sanjaya. 2020. "Sistem Monitoring dan Pemberian Pakan Otomatis pada Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet of Things". Jurnal Seminar Nasional Inovasi Teknologi Hal. 224–228.
- [11] I. Muhibburrahman. 2022. "Rancang Bangun Prototype Pencampur Cat Duco Otomatis Berbasis Arduino Mega". Hal. 1-23.
- [12] Latifa, U., dan Saputro, J. S. 2018. "Perancangan Robot Arm Gripper Berbasis Arduino Uno Menggunakan Antarmuka Labview". Jurnal Barometer Hal. 138–141.
- [13] Imran, A., Kartika, Daud, M., dan Asran. 2022. "JAM DIGITAL BERBASIS RTC DS12C887". Jurnal Energi Elektrik Hal. 48–51.
- [14] L. Aditya dan W. Suryantoro. 2023. "Rancang Bangun Sistem Kendali Semi Otomatis Pintu Air Bendungan Dengan Mini Hoist PA200 Berbasis PLC Omron CP1E-E20SDR-A". Jurnal Elektro Vol. 12, No. 2, Hal. 199-213.
- [15] G. W. Nugroho dan R. Effendi. 2022. "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Luas Permukaan Kulit Menggunakan Konveyor dan Sensor Optik Berbasis Arduino". Jurnal Teknik ITS Vol. 11, No. 1, Hal. 1-7.
- [16] Devia, R., Nugraha, B., Pranita, S., Raka Agung, I GAP., dan Setiawan, I N. 2024. "RANCANG BANGUN PURWARUPA TOILET PORTABLE BERDINDING PDLC DENGAN SISTEM SOLAR TRACKING BERBASIS ESP32". Jurnal SPEKTRUM Hal. 48–57.
- [17] Gunawan, L A., Agung, A I., Widyartono, M., dan Haryudo, S I. 2021. "Rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable". *Jurnal Teknik Elektro* Hal. 65–71.
- [18] Putra, O., Fadila, R., Andrijanto, E., dan Suminar, D R. 2021. "Sintesis dan Karakterisasi Bahan Katoda Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) Menggunakan Metode Solid State Reaction". Jurnal *Fluida* Hal. 42–49.
- [19] R. Leonardo, I. Arwani, dan D. E. Ratnawati. 2020. "Pemanfaatan Teknologi Firebase dalam Pengembangan Aplikasi Pengelolaan Stok Barang Berbasis Mobile pada Rumah Makan Nakamse Malang". Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi, dan Edukasi Sistem Informasi Vol. 1, No. 1, Hal. 1–11.