

Rancang Bangun Purwarupa Alat Pengering Rumput Laut Berbasis IOT Dengan Sistem Energi *Hybrid* PLTS Dan PLN Untuk Petani Rumput Laut Di Pantai Geger, Nusa Dua, Bali

Ve Mas Danuarta¹, Imam Anshari², I Putu Bagus Putra Pratama³, Cokorde Gede Indra Partha⁴, Lie Jasa⁵

[Submission: 04-06-2026, Accepted: 30-06-2026]

Abstract— *Seaweed (Eucheuma cottonii)* is one of Indonesia's leading aquaculture commodities with high economic value. However, the post-harvest drying process still relies on conventional sun-drying methods, making production highly dependent on weather conditions and requiring a long drying duration. This study aims to design and develop a prototype seaweed dryer based on the Internet of things (IoT) integrated with a hybrid energy system combining Solar Power Plants (PV) and the utility grid (PLN). The system utilizes an ESP32 microcontroller, DHT22 sensor, soil moisture sensor, and Automatic Transfer Switch (ATS) to ensure continuous operation. Monitoring data are displayed through Blynk, LCD, and Google Spreadsheet in real time. The prototype has a maximum capacity of 250 grams of wet seaweed. Experimental results show that the drying chamber temperature can be maintained within the range of 58–59°C while reducing air humidity from 45% to 30%. The drying process successfully reduced the seaweed weight from 250 grams to approximately 41 grams within 4 hours until reaching the target moisture content of 35%. The hybrid energy system employing a 120 Wp solar panel and a 100 Ah battery provided stable Power supply during operation. The proposed system offers an effective solution to improve drying efficiency, maintain product quality, and reduce dependence on weather conditions for coastal seaweed farmers.

Keywords: Seaweed Drying; Internet of things; ESP32; Hybrid Energy; Solar Power Plant; PLN.

Intisari— Rumput laut (*Eucheuma cottonii*) merupakan salah satu komoditas budidaya unggulan Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Namun proses pengeringan pascapanen masih dilakukan secara konvensional menggunakan sinar matahari sehingga sangat bergantung pada kondisi cuaca dan memerlukan waktu yang relatif lama. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun purwarupa alat pengering rumput laut berbasis *Internet of things* (IoT) yang terintegrasi dengan sistem energi *hybrid* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan PLN. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, sensor *Soil Moisture*, serta *Automatic Transfer Switch* (ATS) untuk menjaga kontinuitas operasional. Data pemantauan ditampilkan melalui aplikasi Blynk, LCD, dan Google Spreadsheet secara *real-time*. Purwarupa dirancang dengan kapasitas maksimum 250 gram rumput laut basah. Hasil

pengujian menunjukkan suhu ruang pengering dapat dipertahankan pada rentang 58–59°C dengan kelembapan udara menurun dari 45% menjadi 30%. Proses pengeringan berhasil menurunkan berat rumput laut dari 250 gram menjadi sekitar 41 gram dalam waktu ±4 jam hingga mencapai kelembapan 35%. Sistem energi *hybrid* yang menggunakan panel surya 120 Wp dan baterai 100 Ah mampu menyediakan suplai daya yang stabil selama proses pengeringan berlangsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi pengeringan, menjaga kualitas produk, serta mengurangi ketergantungan terhadap kondisi cuaca.

Kata Kunci— Rumput laut; *Internet of things*; ESP32; Sistem *Hybrid*; PLTS; Pengeringan.

I. PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan salah satu komoditas perikanan budidaya yang berperan penting dalam meningkatkan perekonomian masyarakat pesisir Indonesia. Salah satu jenis yang banyak dibudidayakan adalah *Eucheuma cottonii* karena memiliki kandungan karagenan yang tinggi dan banyak dimanfaatkan dalam industri pangan, farmasi, kosmetik, serta bioteknologi. Pada tahap pascapanen, proses pengeringan menjadi faktor penting untuk menurunkan kadar air sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, memperpanjang masa simpan, dan menjaga kualitas karagenan. Sebaliknya, proses pengeringan yang kurang optimal dapat menurunkan mutu produk, seperti perubahan warna, munculnya jamur, serta berkurangnya nilai jual rumput laut. Oleh karena itu, pengeringan menjadi salah satu tahapan yang menentukan kualitas rumput laut sebelum dipasarkan atau diolah lebih lanjut [1].

Salah satu daerah yang memiliki potensi budidaya rumput laut adalah Kabupaten Badung, Bali. Berdasarkan data Dinas Perikanan Kabupaten Badung, luas lahan yang berpotensi untuk budidaya rumput laut mencapai 10 hektar. Namun, hingga tahun 2018 lahan yang dimanfaatkan baru sekitar 2 hektar dengan produksi mencapai 7,1 ton per tahun [2].

Petani rumput laut di Pantai Geger, Nusa Dua, Bali masih menghadapi kendala berupa keterbatasan teknologi pengeringan. Berdasarkan hasil observasi, sebagian besar petani masih mengandalkan metode penjemuran tradisional yang sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Akibatnya, proses pascapanen sering mengalami hambatan dan berpotensi mengganggu kontinuitas produksi. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengering yang mampu bekerja secara stabil dan efisien tanpa bergantung pada kondisi cuaca [3].

Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah sistem energi *hybrid* yang menggabungkan Pembangkit Listrik

p-ISSN:1693-2951; e-ISSN:2503-2372

^{1,2,3}Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udatana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA

(daanuarta@gmail.com; anshariimam04@gmail.com; bbid.putbagus78@gmail.com)

^{4,5}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udatana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA

(cokindra@unud.ac.id; liejasa@unud.ac.id)

Tenaga Surya (PLTS) dengan jaringan listrik PLN. Sistem ini memungkinkan proses pengeringan tetap berlangsung baik saat cuaca cerah maupun mendung. Pantai Geger memiliki potensi energi surya yang tinggi dengan nilai radiasi matahari mencapai 2100,3 kWh/m²/tahun untuk GHI dan 2141,8 kWh/m²/tahun untuk GTI pada sudut optimal 13°. Potensi tersebut menjadikan wilayah ini cocok untuk penerapan sistem pengering berbasis energi surya dengan output spesifik sebesar 1701,7 kWh/kWp [4].

Berbagai penelitian mengenai alat pengering rumput laut telah dilakukan, baik menggunakan energi surya maupun sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan sistem pengering atau monitoring secara terpisah. Selain itu, ketergantungan terhadap kondisi cuaca masih menjadi kendala pada sistem pengering berbasis energi surya. Integrasi teknologi IoT dengan sistem energi hybrid PLTS–PLN yang dilengkapi Automatic Transfer Switch (ATS) untuk perpindahan sumber daya secara otomatis masih relatif jarang ditemukan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem pengering rumput laut yang mampu beroperasi secara berkelanjutan, dapat dipantau secara real-time, serta tetap berfungsi meskipun terjadi perubahan kondisi cuaca [5].

II. STUDI PUSTAKA

A. PLTS

Kumpulan modul PV yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sebagai salah satu sumber energi terbarukan, PLTS memiliki keunggulan karena ramah lingkungan, tidak menghasilkan emisi saat beroperasi, serta dapat diterapkan pada berbagai skala kebutuhan energi listrik, mulai dari rumah tangga hingga sektor komersial dan industri [5].

B. *Internet of things* (IoT)

Internet of things (IoT) merupakan konsep yang memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis. Teknologi IoT memungkinkan proses pemantauan, pengendalian, dan pengumpulan data dilakukan secara *real-time* dari jarak jauh menggunakan perangkat yang terhubung ke internet [6].

C. ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* dan banyak digunakan pada aplikasi *Internet of things* (IoT). Mikrokontroler ini dilengkapi dengan prosesor *dual-core* 32-bit, memori internal, serta konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi dalam satu chip. Selain itu, ESP32 mendukung berbagai protokol komunikasi seperti UART, SPI, dan I2C sehingga memudahkan integrasi dengan berbagai sensor dan perangkat elektronik. [7].

D. Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara dengan tingkat

akurasi dan kestabilan yang baik. Sensor ini banyak diterapkan pada sistem *Internet of things* (IoT) karena mampu mengukur suhu dan kelembaban secara *real-time* serta mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32. Rentang pengukuran sensor DHT22 adalah –40 °C hingga 80 °C untuk suhu dan 0–100% RH untuk kelembaban udara [8].

E. Modul Sensor *Soil Moisture*

Modul Sensor *Soil Moisture* adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk mengukur kadar air dalam media padat seperti tanah secara tidak langsung, melalui perubahan sifat listrik seperti konduktivitas resistif atau konstanta dielektrik (kapasitif). Sensor ini sangat berguna untuk pemantauan kelembaban secara *real-time*, mendukung pengelolaan irigasi presisi, dan mencegah kelebihan atau kekurangan air pada tanaman [9].

F. Modul sensor INA219

Modul sensor INA219 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya listrik secara *real-time*. Sensor ini menggunakan komunikasi I2C sehingga mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32 dan Arduino. INA219 mampu mengukur tegangan bus hingga 26 V serta melakukan pengukuran arus melalui resistor shunt dengan tingkat akurasi yang baik sehingga banyak digunakan pada sistem monitoring energi dan pembangkit listrik tenaga surya berbasis *Internet of things* (IoT) [10].

G. *Liquid Crystal Display* (LCD)

LCD (*Liquid Crystal Display*) 16×2 merupakan perangkat tampilan yang digunakan untuk menampilkan informasi berupa karakter, angka, maupun simbol. LCD 16×2 mampu menampilkan 16 karakter pada 2 baris tampilan. Untuk mempermudah komunikasi dengan mikrokontroler dan menghemat penggunaan pin, LCD sering dipadukan dengan modul I2C (*Inter-Integrated Circuit*). Penggunaan modul I2C memungkinkan LCD diakses hanya dengan empat pin, yaitu SDA, SCL, VCC, dan GND. Pada sistem berbasis ESP32, LCD I2C digunakan untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor dan status operasi sistem secara *real-time*. [11].

H. ATS (*Automatic Transfer Switch*)

ATS merupakan alat untuk menghubungkan beban dengan dua sumber tenaga (sumber utama & sumber cadangan) atau lebih yang bertujuan untuk menjaga beban agar tetap tersuplai oleh tenaga listrik. Fungsi dari ATS yaitu untuk melakukan transfer daya secara otomatis dari sumber tenaga listrik utama ke sumber tenaga listrik cadangan yang kemudian dialirkan menuju beban [12].

I. *Heater*

Heater merupakan komponen utama dalam sistem pengering rumput laut yang berfungsi menghasilkan panas sebagai sumber energi termal untuk mengurangi kadar air dalam rumput laut secara efektif. Dalam rancangan ini, digunakan elemen pemanas listrik yang bekerja dengan bantuan daya listrik dari sistem panel surya. Keberadaan

Heater menjadi vital karena dapat menjaga suhu pengering tetap konstan dan tidak tergantung sepenuhnya pada cuaca [13].

J. *Blower*

Blower berfungsi sebagai penggerak aliran udara dalam sistem pengering. Alat ini membantu menyebarkan udara panas secara merata ke seluruh area rak pengering, sehingga proses pengeringan rumput laut berlangsung merata dan cepat. Udara dari ruang pemanas yang telah dipanaskan oleh *Heater* dihisap dan diarahkan ke ruang pengering oleh *Blower* [14].

K. *Exhaust fan* atau kipas buang

Exhaust fan adalah perangkat ventilasi mekanik yang dirancang untuk meningkatkan aliran udara secara paksa (*forced convection*) di dalam sistem tertutup seperti pengering, laboratorium, atau ruang industri. Pada sistem pengering, fungsi utamanya adalah mempercepat transfer panas dan uap air keluar dari ruang pengering, sehingga mempercepat pengeringan dan mencegah akumulasi uap yang dapat menurunkan efisiensi proses. Selain itu, *Exhaust fan* juga membantu menjaga stabilitas suhu dalam ruang pengering, sehingga distribusi suhu lebih merata dan proses pengeringan menjadi lebih konsisten [15].

L. *Power supply* DC 12 V

Power supply DC 12 V merupakan perangkat yang berfungsi untuk menyediakan tegangan searah sebesar 12 volt yang stabil bagi berbagai beban elektronik. Pada umumnya, *Power supply* DC 12 V terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu transformator atau sumber DC, rangkaian penyearah, filter, dan pengatur tegangan (*voltage regulator*) yang berfungsi menjaga kestabilan tegangan keluaran meskipun terjadi perubahan tegangan masukan maupun beban [16].

M. Modul relay

Modul relay merupakan perangkat elektronik yang memanfaatkan elektromagnetik sebagai mekanisme pengendalian, dimana masing-masing *Channel* memiliki kumparan yang memicu perpindahan kontak saklar (*armature*) dari posisi *Normally Open* (NO) ke *Normally Closed* (NC), atau sebaliknya, saat dialiri arus listrik kecil (*low-voltage*) yang dikendalikan oleh mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino [17].

N. Modul XL4015

Modul XL4015 sebuah konverter DC–DC tipe *step-down*, berfungsi untuk menurunkan tegangan input lebih tinggi (biasanya dari panel surya atau baterai) ke level yang dibutuhkan oleh sistem seperti mikrokontroler atau beban, dengan efisiensi tinggi mencapai sekitar 95–96 % dan output arus hingga 5 A. Beroperasi pada frekuensi switching tetap 180 kHz [18].

O. *Boost Converter* DC ke DC

Boost Converter DC ke DC berfungsi untuk mengonversi tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran DC yang nilainya dapat diatur menjadi lebih besar atau lebih kecil

daripada tegangan masukan. Masalah utama dalam pengoperasian konverter ini adalah menjaga kestabilan tegangan keluaran karena idealnya nilai tegangan tersebut harus tetap konstan sesuai dengan yang diinginkan walaupun tegangan masukan mengalami gangguan [19].

P. *Watt Meter*

Watt Meter merupakan alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur besaran daya listrik yang dikonsumsi atau dihasilkan oleh suatu beban dalam suatu sistem kelistrikan. Secara umum, *Watt Meter* bekerja dengan mengukur nilai tegangan dan arus listrik secara bersamaan, kemudian menghitung daya berdasarkan hubungan matematis antara kedua besaran tersebut [20].

Q. *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

Miniature Circuit Breaker (MCB) adalah perangkat proteksi listrik berukuran kecil yang digunakan untuk melindungi instalasi listrik terhadap arus lebih (*overcurrent*) yang disebabkan oleh kelebihan beban (*overload*) maupun hubungan singkat (*short circuit*). MCB bekerja secara otomatis memutuskan aliran arus listrik saat arus yang mengalir melebihi batas nilai nominal yang telah ditentukan [21].

R. *Low Voltage Disconnect* (LVD)

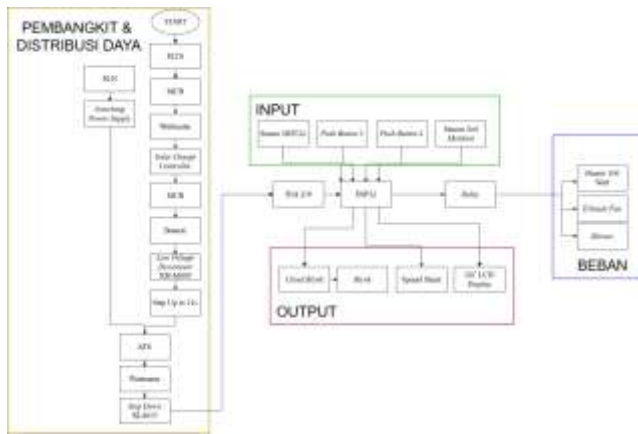
LVD merupakan komponen proteksi penting dalam sistem kelistrikan berbasis baterai, termasuk pada sistem oven pengering rumput laut berbasis PLTS dan IoT. Fungsinya adalah untuk memutus aliran beban saat tegangan baterai turun di bawah ambang kritis misalnya 11,5 V pada sistem 12 V sehingga mencegah kondisi *deep discharge* yang dapat menurunkan kapasitas dan umur baterai secara signifikan [22].

III. METODOLOGI

Penelitian diawali dengan analisis kebutuhan sistem dan studi literatur. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem setelah itu dilanjutkan dengan perancangan perangkat keras yang meliputi panel surya 120 Wp, baterai 100 Ah, *solar charge controller*, ATS, *Heater*, *Blower*, *Exhaust fan*, ESP32, sensor DHT22, dan sensor *Soil Moisture*.

A. Perancangan Sistem

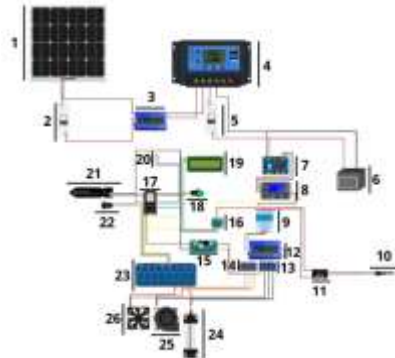
Sistem pengering rumput laut otomatis ini mengintegrasikan energi terbarukan dan kendali berbasis IoT. Sumber daya utamanya berasal dari panel surya yang didukung jaringan PLN melalui *Power supply* untuk menjamin stabilitas energi. Manajemen sistem dikelola oleh dua unit utama: ATS sebagai pengatur perpindahan sumber listrik otomatis, dan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolah data sensor untuk menggerakkan komponen inti pengeringan. Selain ditampilkan langsung pada layar LCD, seluruh data pemantauan dikirim ke aplikasi Blynk secara *real-time* dan tersimpan otomatis di Google Spreadsheet sebagai basis data historis.



Gambar 1. Perancangan Sistem Alat Pengering

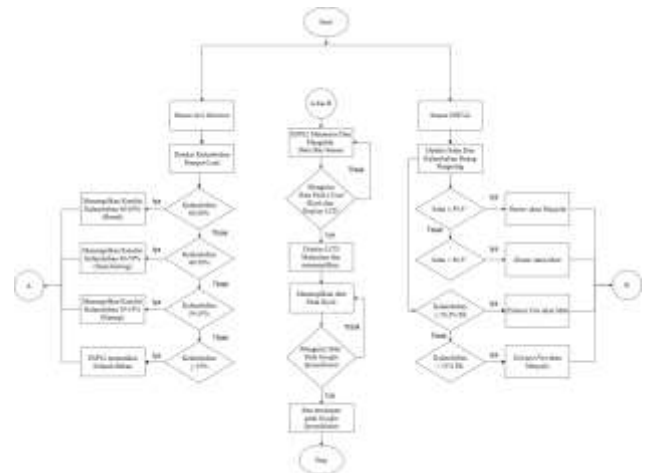
B. Perancangan Alat

Tahapan perancangan alat merupakan proses integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak pendukung sistem kendali alat pengering rumput laut agar seluruh sistem dapat bekerja selaras untuk mencapai efisiensi optimal. Sebagaimana ditunjukkan pada diagram rangkaian di Gambar 2, rangkaian ini menghubungkan komponen-komponen utama yang meliputi Panel Surya, *Solar charge controller*, Baterai, *Power supply*, ATS, Modul *Step Down* XL4015, Devkit ESP32, Sensor DHT22, *Soil Moisture Sensor*, LCD 16x2, Relay 8 Channel, PTC Heater, Blower, dan Exhaust fan.



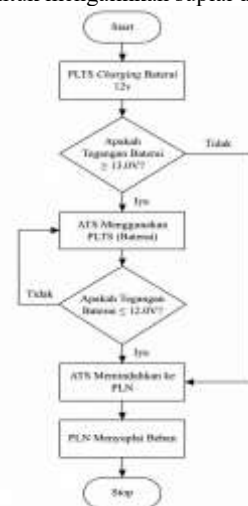
Gambar 2. Wiring Diagram

Gambar 3 menunjukkan Sistem pengaturan suhu dan kelembaban pada alat pengering rumput laut ini dirancang untuk menjaga kondisi lingkungan ruang pengering tetap optimal secara otomatis. Sistem menggunakan dua jenis sensor, yaitu DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara, serta *Soil Moisture* sensor untuk mendeteksi kadar air dalam rumput laut. Kedua sensor tersebut mengirimkan data secara *real-time* ke mikrokontroler ESP32, yang kemudian memproses informasi tersebut dan menentukan aksi kendali terhadap beban, yaitu Heater dan Exhaust fan melalui relay 8 Channel. Hasil pembacaan dari sensor juga ditampilkan pada LCD 16x2 dan dikirimkan ke Google Spreadsheet serta aplikasi Blynk sebagai sistem monitoring berbasis IoT.



Gambar 3. Flowchart Sistem Kerja Sensor DHT 22 dan Sensor Soil Moisture

Selanjutnya, Gambar 4 menjelaskan mekanisme kerja *Automatic Transfer Switch* (ATS) merupakan komponen utama dalam sistem pengalih daya otomatis yang berfungsi untuk memastikan alat pengering rumput laut tetap mendapatkan suplai listrik secara berkelanjutan. ATS bekerja berdasarkan sinyal dari modul *Low Voltage Disconnect* (XH-M609) yang memantau tegangan baterai. Apabila tegangan baterai menurun di bawah batas aman, maka modul XH-M609 akan secara otomatis memutus sambungan beban dari baterai dan memberikan sinyal kepada ATS untuk mengalihkan suplai daya ke sumber PLN.



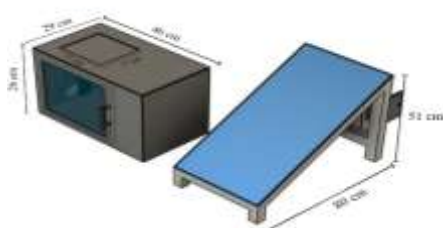
Gambar 4. Flowchart Sistem Kerja Sensor Auto Transfer Switch

C. Analisa Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan untuk menilai sistem serta kinerja nyata dari alat pengering rumput laut berbasis sistem *hybrid*. Analisis data hasil pengujian dibagi menjadi tiga fokus utama. Pertama, karakteristik energi panas ruang pengering dianalisis berdasarkan data durasi waktu yang dibutuhkan oleh kombinasi pemanas dan Blower untuk mencapai target kenaikan suhu, serta durasi aktivitas Exhaust fan dalam menurunkan kelembaban udara ruang. Kedua, efisiensi proses pengeringan dianalisis dengan menghubungkan data perubahan suhu dan kelembaban udara (dari sensor

DHT22) terhadap laju penurunan kadar air (dari *Soil Moisture* sensor) serta penyusutan berat rumput laut yang diamati pada waktu-waktu tertentu selama tujuh hari pengujian, guna melihat pengaruh status hidup-mati (ON/OFF) komponen pemanas dan kipas terhadap kondisi rumput laut. Ketiga, analisis kinerja sistem listrik dianalisis dengan mengevaluasi data tegangan, arus, dan konsumsi daya total alat yang direkam oleh sensor INA219, guna memeriksa keakuratan alat pengalih daya otomatis (ATS) serta fungsi pemutus arus otomatis (modul XH-M609) saat terjadi perpindahan sumber listrik antara PLTS dan PLN.

D. Desain Purwarupa



Gambar 5. Desain Alat

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

E. Hasil Perancangan Alat Pengering Rumput Laut



F. Hasil Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 6. Tampilan Antarmuka Pada Aplikasi Blynk

Sistem monitoring pada alat pengering rumput laut berbasis IoT dirancang menggunakan platform Blynk sebagai antarmuka pemantauan jarak jauh. Dashboard pada aplikasi Blynk dikembangkan untuk menampilkan data sensor secara *real-time* yang dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32 melalui koneksi internet. Beberapa widget digunakan untuk menampilkan parameter penting, antara lain widget suhu ruangan yang menampilkan hasil pembacaan suhu dari sensor

DHT22, widget kelembapan ruangan untuk menunjukkan tingkat kelembapan udara di dalam ruang pengering, serta widget kelembapan rumput laut yang menampilkan kadar kelembapan bahan berdasarkan pengukuran sensor *Soil Moisture*. Selain itu, disertakan pula widget arus (*current*) dan tegangan (*voltage*) yang berfungsi untuk memantau parameter kelistrikan selama proses pengeringan.

G. Pembuatan Sistem Penyimpanan Data Pada Spreadsheet

Sistem penyimpanan data pada Google Spreadsheet dirancang sebagai media pencatatan otomatis untuk seluruh parameter yang dipantau selama proses pengeringan rumput laut berbasis IoT berlangsung. Data dikirim oleh mikrokontroler ESP32 setiap dua menit, meliputi tanggal dan waktu pengambilan data, arus dan tegangan listrik yang menunjukkan kondisi suplai daya sistem, suhu serta kelembapan ruang pengering yang diukur menggunakan sensor DHT22, dan kelembapan rumput laut yang dibaca melalui sensor *Soil Moisture* sebagai indikator utama penurunan kadar air. Selain itu, Google Spreadsheet juga mencatat status operasional komponen seperti *Heater 1*, *Heater 2*, *Blower*, dan *Exhaust fan*, serta status *push button* yang berfungsi sebagai kendali manual.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Time	Arus	Tegangan	Kelembapan Ruang	Suhu	Kelembapan Rumput Laut	Heater 1 Status	Heater 2 Status	Exhaust Fan Status
2	2024-01-12 08:00	0.88	12.72	80.1	28.9	88	ON	ON	BATTERY
3	2024-01-12 08:02	0.88	12.53	79.4	28.8	88.78	ON	ON	BATTERY
4	2024-01-12 08:04	0.88	12.51	79.2	28.8	88.1	ON	ON	BATTERY
5	2024-01-12 08:06	0.82	12.54	72.9	28.0	88.25	ON	ON	BATTERY
6	2024-01-12 08:08	0.79	12.55	69.8	24.1	88	ON	ON	BATTERY
7	2024-01-12 08:10	0.72	12.47	67.8	20.2	87.78	ON	ON	BATTERY
8	2024-01-12 08:12	0.67	12.52	62.4	16.4	87.5	ON	ON	BATTERY
9	2024-01-12 08:14	0.68	12.52	59.2	17.5	87.25	ON	ON	BATTERY
10	2024-01-12 08:16	0.69	12.51	59.4	18.8	87	ON	ON	BATTERY
11	2024-01-12 08:18	0.75	12.58	52.8	18.8	86.78	ON	ON	BATTERY
12	2024-01-12 08:20	0.72	12.47	49.8	18.0	86.1	ON	ON	BATTERY
13	2024-01-12 08:22	0.80	12.51	48.4	16.1	86.25	ON	ON	BATTERY
14	2024-01-12 08:24	0.68	12.42	41.2	15.8	85	ON	ON	BATTERY
15	2024-01-12 08:26	0.62	12.44	40.8	14.8	85.78	ON	ON	BATTERY
16	2024-01-12 08:28	0.68	12.51	35.8	10.9	85.5	ON	ON	BATTERY
17	2024-01-12 08:30	0.76	12.55	33.8	10.0	85.25	ON	ON	BATTERY
18	2024-01-12 08:32	0.72	12.57	30.8	10.8	85	ON	ON	BATTERY
19	2024-01-12 08:34	0.65	12.53	30.2	10.7	84.78	ON	ON	BATTERY
20	2024-01-12 08:36	0.68	12.52	30.4	10.8	84.5	ON	ON	BATTERY
21	2024-01-12 08:38	0.62	12.54	29.8	11.8	84.25	ON	ON	BATTERY
22	2024-01-12 08:40	0.59	12.51	29.8	12.9	84	ON	ON	BATTERY
23	2024-01-12 08:42	0.78	12.49	29.4	14.0	83.78	ON	ON	BATTERY
24	2024-01-12 08:44	0.72	12.47	29.2	14.1	83.5	ON	ON	BATTERY
25	2024-01-12 08:46	0.69	12.49	29.8	14.2	83.25	ON	ON	BATTERY
26	2024-01-12 08:48	0.58	12.52	28.8	17.0	83	ON	ON	BATTERY
27	2024-01-12 08:50	0.52	12.44	28.8	18.4	82.78	ON	ON	BATTERY
28	2024-01-12 08:52	0.68	12.51	28.4	14.8	82.5	ON	ON	BATTERY
29	2024-01-12 08:54	0.70	12.5	28.2	16.2	82.25	ON	ON	BATTERY

Gambar 7. Gambar Tampilan Pada Google Spreadsheet

H. Pengujian Pada Heater

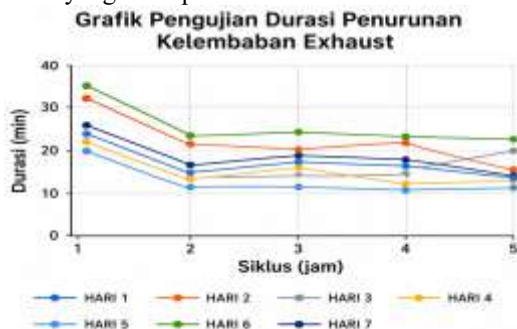
Pengujian pada *Heater* dan *Blower* dilakukan untuk mengukur kecepatan peningkatan suhu di dalam ruang pengering. Fokus utama pengujian ini adalah untuk mengetahui durasi waktu yang dibutuhkan sistem hingga mencapai target suhu yang ditetapkan.



Gambar 8. Grafik Pengujian Durasi Kenaikan Suhu Heater

I. Pengujian pada *Exhaust fan*

Pengujian pada *Exhaust fan* dilakukan untuk mengukur kecepatan penurunan kelembaban di dalam ruang pengering. Fokus utama pengujian ini adalah untuk mengetahui durasi waktu yang dibutuhkan sistem hingga mencapai target kelembaban yang ditetapkan.



Gambar 9. Grafik Pengujian Durasi Penurunan Kelembaban *Exhaust*

J. Pengujian Sensor Pada Alat Pengering Rumput Laut

Hasil pengujian sensor pada alat pengering rumput laut disajikan untuk menggambarkan kinerja sistem pengeringan berdasarkan parameter suhu ruang pengering, kelembaban udara, dan kadar air rumput laut, serta dikaitkan dengan status pengoperasian *Heater*, *Blower*, dan *Exhaust fan* pada berbagai kondisi cuaca selama proses pengeringan berlangsung.

TABEL I. Pengujian Sensor Pada Alat Pengering Rumput Laut

Jam	Suhu (°C)	Kelembaban Udara (%)	Kadar Air Rumput Laut (%)	Status Heater dan Blower	Status Exhaust fan
Hari ke-1					
09.00	59.60	30.10	75	ON	ON
10.06	59.80	31.00	70	ON	ON
11.11	60.30	30.60	63	ON	ON
12.15	60.30	30.80	52	ON	ON
13.20	60.80	30.70	34	ON	ON
Hari ke-2					
09.00	59.40	30.80	74	ON	ON
10.03	60.60	29.90	64	ON	OFF
11.08	60.30	30.30	49	ON	ON
12.12	60.70	31.00	34	ON	ON
Hari ke-3					
09.00	59.70	30.10	76	OFF	OFF
10.05	59.30	30.50	71	ON	ON
11.09	59.60	30.80	65	ON	ON
12.14	60.70	30.90	54	ON	ON
13.18	60.90	30.70	34	ON	ON
Hari ke-4					
09.00	60.00	30.20	75	ON	ON
10.05	59.70	30.40	64	ON	ON
11.08	60.60	30.80	46	ON	ON
12.13	60.30	30.70	34	ON	ON
Hari ke-5					
09.00	59.80	30.00	75	ON	ON
10.04	59.00	30.20	70	ON	ON
11.10	60.00	30.90	62	ON	ON

12.13	60.90	30.50	49	ON	ON
13.17	60.70	30.50	34	ON	ON
Hari ke-6					
09.00	59.00	30.10	76	OFF	OFF
10.05	59.30	30.30	63	ON	ON
11.09	59.90	30.50	47	ON	ON
12.15	60.90	30.80	34	ON	ON
Hari ke-7					
09.00	59.90	30.30	77	ON	ON
10.04	60.70	30.50	72	ON	ON
11.08	60.90	30.60	64	ON	ON
12.13	60.90	30.90	51	ON	ON
13.19	60.20	30.40	34	ON	ON

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, sistem pengering mampu mempertahankan suhu ruang pengering pada 59,0–60,9°C dan kelembaban udara sebesar 30–31%, sehingga proses penurunan kadar air rumput laut secara efektif dari 74–77% menjadi 34%. Ini menunjukkan bahwa sistem kendali mampu mempertahankan kondisi ruang pengering pada rentang operasi yang diinginkan, sehingga proses penguapan air rumput laut berlangsung dengan baik. Ini menunjukkan bahwa sistem pengendalian otomatis bekerja dengan baik dalam menangani perubahan kondisi ruang pengering dengan mengubah status *heater*, *blower*, dan *exhaust fan* menjadi *ON* atau *OFF*. Selama proses pengeringan, mekanisme ini memastikan bahwa suhu dan kelembaban tetap dalam rentang yang telah ditentukan.

K. Pengujian pada berat rumput laut

Hasil pengujian perubahan berat rumput laut selama proses pengeringan disajikan untuk menunjukkan penurunan massa seiring bertambahnya waktu pengeringan, yang dianalisis berdasarkan berat awal, berat akhir, selisih berat, serta perubahan kondisi fisik rumput laut pada setiap tahap pengamatan.



Gambar 10. Grafik Pengujian Penurunan Berat Rumput Laut

L. Pengujian Sensor INA 219 pada kebutuhan Alat Pengering

Hasil pengujian sensor INA219 pada kebutuhan daya alat pengering disajikan untuk menganalisis karakteristik konsumsi energi listrik selama proses pengoperasian, dengan parameter pengukuran meliputi tegangan, arus, dan daya yang direkam secara periodik pada interval waktu tertentu guna mengevaluasi kestabilan dan kinerja sistem kelistrikan alat.

TABEL II. Pengujian Sensor INA 219 pada kebutuhan Alat Pengering

Jam (Wita)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Sumber Aktif
Hari ke-1				
09.00	12,58	8,67	109,07	PLTS
10.06	12,61	8,51	107,31	PLTS
11.11	12,6	8,55	107,73	PLTS
12.15	12,63	8,52	107,61	PLTS
13.20	12,65	8,5	107,52	PLTS
Hari ke-2				
09.00	12,57	8,71	109,48	PLTS
10.03	12,34	8,52	105,13	PLN
11.08	12,38	8,49	105,11	PLN
12.12	12,36	8,55	105,68	PLN
Hari ke-3				
09.00	12,35	8,51	105,1	PLN
10.05	12,37	8,53	105,52	PLN
11.09	12,61	8,72	109,96	PLTS
12.14	12,62	8,49	107,14	PLTS
13.18	12,6	8,51	107,22	PLTS
Hari ke-4				
09.00	12,59	8,53	107,39	PLTS
10.05	12,63	8,42	106,34	PLTS
11.08	12,6	8,77	110,5	PLTS
12.13	12,62	8,51	107,39	PLTS
Hari ke-5				
09.00	12,61	8,75	110,34	PLTS
10.04	12,6	8,43	106,22	PLTS
11.10	12,63	8,51	107,48	PLTS
12.13	12,63	8,56	108,11	PLTS
13.17	12,62	8,55	107,9	PLTS
Hari ke-6				
09.00	12,58	8,69	109,32	PLTS
10.05	12,37	8,52	105,39	PLN
11.09	12,35	8,56	105,72	PLN
12.15	12,38	8,49	105,11	PLN
Hari ke-7				
09.00	12,34	8,53	105,26	PLN
10.04	12,61	8,7	109,71	PLTS
11.08	12,61	8,53	107,56	PLTS
12.13	12,63	8,55	107,98	PLTS
13.19	12,62	8,54	107,77	PLTS

Pada tabel 2, menunjukkan bahwa selama tujuh hari pengujian, nilai tegangan, arus, dan daya cenderung stabil pada kisaran 12,34–12,65 V, 8,42–8,77 A, dan 105,1–110,5 W. Sumber energi yang digunakan didominasi oleh PLTS, sedangkan pada beberapa waktu sistem beralih ke PLN ketika energi dari panel surya tidak mencukupi. Perpindahan sumber energi berlangsung secara otomatis melalui ATS tanpa menyebabkan perubahan yang signifikan pada parameter kelistrikan, sehingga menunjukkan bahwa sistem energi hibrida mampu menjaga kontinuitas dan kestabilan pasokan daya selama proses pengisian baterai.

M. Pengujian sistem energi *hybrid*

Hasil pengujian kinerja sistem energi *hybrid* yang meliputi parameter tegangan dan arus baterai, tegangan dan arus PLN, status pengisian, serta sumber energi aktif selama periode pengamatan pukul 09.00–12.00 WITA.

TABEL III.

Jam (Wa)	V _{pv} (V)	I _{pv} (A)	V _{Batt} (V)	V _{PLN} (V)	I _{PLN} (A)	Status Pengisian	Sumber Aktif
Hari ke-1							
09.00	12,8	1,8	12,3	220	0,05	Charging	PLTS
10.06	13,4	3,8	12,5	220	0,05	Charging	PLTS
11.11	13,9	5,8	12,6	220	0,05	Charging	PLTS
12.15	14,2	6,5	12,7	220	0,05	Charging	PLTS
13.20	13,8	6,2	12,8	220	0,05	Charging	PLTS
Hari ke-2							
09.00	12,1	0,2	12,1	220	0,05	Charging	PLTS
10.03	12,0	0,2	11,9	220	0,85	Cut - Off	PLN
11.08	12,3	0,3	12,4	220	0,85	Low - Battery	PLN
12.12	12,1	0,1	12,5	220	0,85	Low - Battery	PLN
Hari ke-3							
09.00	12,6	1,2	12,4	220	0,85	Low - Battery	PLN
10.05	12,9	2,2	12,8	220	0,85	Low - Battery	PLN
11.09	13,2	3,8	13,1	220	0,05	Charging	PLTS
12.14	13,6	4,5	12,6	220	0,05	Charging	PLTS
13.18	13,5	4,2	12,7	220	0,05	Charging	PLTS
Hari ke-4							
09.00	13	1,6	12,2	220	0,05	Charging	PLTS
10.05	13,3	3,5	12,4	220	0,05	Charging	PLTS
11.08	13,6	4,8	12,5	220	0,05	Charging	PLTS
12.13	14	5,5	12,7	220	0,05	Charging	PLTS
Hari ke-5							
09.00	13,2	2,2	12,5	220	0,05	Charging	PLTS
10.04	13,9	5,2	12,7	220	0,05	Charging	PLTS
11.10	14,3	6,5	12,8	220	0,05	Charging	PLTS
12.13	14,5	6,8	12,8	220	0,05	Charging	PLTS
13.17	14,2	6,5	12,9	220	0,05	Charging	PLTS
Hari ke-6							
09.00	12	0,1	12,2	220	0,05	Charging	PLTS
10.05	12,1	0,1	11,9	220	0,85	Cut - Off	PLN
11.09	12,2	0,2	12,4	220	0,85	Low - Battery	PLN
12.15	12,3	0,2	12,5	220	0,85	Low - Battery	PLN
Hari ke-7							
09.00	12,7	1,4	12,6	220	0,85	Low - Battery	PLN
10.04	13,1	2,8	12,7	220	0,05	Charging	PLTS

11.08	13,4	3,8	12,4	220	0,05	Charging	PLTS
12.13	13,7	4,2	12,6	220	0,05	Charging	PLTS
13.19	13,5	4,0	12,7	220	0,05	Charging	PLTS

Hasil pemantauan menunjukkan bahwa proses pengisian baterai dipengaruhi oleh sumber energi yang digunakan. Saat intensitas cahaya matahari mencukupi, baterai diisi oleh panel surya, sedangkan ketika energi matahari tidak mencukupi, sistem secara otomatis beralih menggunakan suplai dari PLN. Perubahan nilai tegangan dan arus selama pengujian menggambarkan kemampuan sistem dalam menjaga kestabilan pasokan energi sekaligus memantau kondisi baterai, mulai dari proses pengisian (*charging*) hingga kondisi *low battery*, seperti ditunjukkan pada table 3.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan, pembuatan, dan pengujian dari alat pengering rumput laut berbasis *Internet of things* dengan sistem tenaga *hybrid* PLTS dan PLN yang telah dilakukan, dapat disimpulkan dari proses penelitian ini bahwa sistem energi *hybrid* yang menggabungkan PLTS dan PLN mampu menjaga alat pengering rumput laut tetap beroperasi secara optimal selama proses pengeringan. Penggunaan *Automatic Transfer Switch* (ATS) memungkinkan perpindahan sumber listrik berlangsung secara otomatis ketika daya baterai menurun atau kondisi cuaca tidak mendukung produksi energi dari panel surya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa purwarupa alat pengering mampu menurunkan kadar air rumput laut *Eucheuma cottonii* hingga mencapai 35% dengan suhu pengeringan yang terjaga pada kisaran 58–60°C. Proses pengeringan berlangsung selama kurang lebih 4 jam, dengan berat rumput laut berkurang dari 250 gram menjadi sekitar 41 gram, sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat dibandingkan metode penjemuran tradisional yang bergantung pada kondisi cuaca. Selain itu, implementasi teknologi *Internet of Things* (IoT) berbasis ESP32, Blynk, dan Google Spreadsheet memungkinkan pemantauan suhu, kelembapan, kadar air, serta parameter kelistrikan secara *real-time*, sehingga memudahkan pengguna dalam memonitor dan mengendalikan proses pengeringan.

REFERENSI

- [1] Assagaf, K. G., Ukratalo, A. M., & Barcinta, M. F. (2024). Kontribusi usaha budidaya rumput laut dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir di Dusun Wael Kabupaten Serang Bagian Barat. *Journal of Coastal and Deep Sea*, 2(1), 1-13.
- [2] Dinas Perikanan Kabupaten Badung. (2024). Laporan evaluasi luas lahan potensial dan pemanfaatan efektif pembesaran budidaya laut komoditas rumput laut Kabupaten Badung. Dinas Perikanan Kabupaten Badung.
- [3] Hasiri, E. M., Suryawan, M. A., & Ratna, R. (2023). Penerapan Sistem Kontrol *Internet of things* (IoT) pada Alat Pengering Rumput Laut. *Jurnal Informatika*, 12(2), 20–29.
- [4] *Global Solar Atlas*. (2024). Solar Resource Data for Pantai Geger, Bali.
- [5] Putra, I. W. S., Kumara, I. N. S., & Hartati, R. S. (2022). Analisis teknis ekonomi implementasi sistem PLTS atap pada gedung kantor walikota Denpasar. *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 21(2).
- [6] Wijayanto, D., Haryudo, S. I., Wrahatnolo, T., & Nurhayati, N. (2022). Rancang Bangun Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Plts

- Sistem On Grid Berbasis *Internet of things* (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(3), 447-453.
- [7] Hercog, D., Lerher, T., Truntič, M., & Težak, O. (2023). Design and implementation of ESP32-based IoT devices. *Sensors*, 23(15), 6739.
- [8] Wardani, I. K., Ichniarsyah, A. N., Telaumbanua, M., Priyonggo, B., Fil'Aini, R., Mufidah, Z., & Dewangga, D. A. (2023, September). The feasibility study: Accuracy and precision of DHT 22 in measuring the temperature and humidity in the greenhouse. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1230, No. 1, p. 012146). IOP Publishing.
- [9] Farma, T. A., Palupi, D., & Aureldo, M. (2025). Perancangan alat deteksi suhu dan kelembapan gudang penyimpanan pupuk menggunakan DHT22 berbasis IoT. *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*, 14(1), 24–35.
- [10] ZAKARIYA, Z. A. (2023). *SISTEM MONITORING TEGANGAN DAN ARUS SOLAR CELL BERBASIS IOT DENGAN PLATFORM THINGSPEAK* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Jakarta).
- [11] Stiyawan, R., Pramana, R. N. R., Wiguna, I. G. N., Jasa, L., Nugraha, I. P. E. D., & Rahardjo, P. (2024). Rancang Bangun Purwarupa Alat Penghitung Uang Logam Otomatis Dengan Sensor Multi Coin Acceptor Berbasis IoT. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 23(2), 187.
- [12] Salsabila, N., & Haryudo, S. I. (2023). Sistem Kontrol dan Monitoring *Automatic Transfer Switch* (ATS) Model *Hybrid Berbasis Internet of things*. *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE)*, 5(2), 119-131.
- [13] Pranowo, I. D., & Wicaksono, M. B. (2023, June). Penerapan Kontrol Ruang Pemanas Kayu Hemat Energi dan Biaya di Industri Kerajinan Kayu CV AAG. In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat* (Vol. 1, No. 1, pp. 67-70).
- [14] Manguluang, Z., Rahman, F., Mappatoba, A., & Ashari, M. (2024). Rancang Bangun Alat Pengering Rumput Laut Menggunakan Solar Sel. *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 19(02), 123-128.
- [15] Allo, R., & Pongsapan, A. S. (2022). Karakteristik Pengering Surya (Solar Dryer) Dengan Turbin Ventilator. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 1(3), 120-134.
- [16] Moses, G. E., & Ainah, P. K. (2024). Implementation And Analysis of a 5v Rechargeable Power supply for Microcontroller-Based Application. *Int. J. Electr. Electron. Commun. Eng*, 5(2), 12-19.
- [17] Abdillah, M., Mutia, T., Nugroho, T. A., & Pertiwi, N. I. (2022). Design of *Automatic Transfer Switch* on A Renewable Energy Hybrid Grid System at PT Lentera Bumi Nusantara. *Journal of Advanced Technology & Multidiscipline*, 1(2).
- [18] Daud, A., Rachbini, R., & Hernawan, K. (2022). Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terhubung Jaringan Di Laboratorium Energi Terbarukan Menggunakan Pvsyst. *Jurnal Teknik Energi*, 11(1), 1-6.
- [19] Makruf, A. A., & Putra, A. M. N. (2024). Pengaruh Penggunaan Boost Konverter Sebagai Pengatur Tegangan Terhadap Daya Keluaran Sistem Plts 1.5 Kw. *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, 17(2), 526-540.
- [20] F. Amri, I. Fitriyanto, T. Haryanti, I. Fatwasauri, and J. Maknunah, "Perancangan Instrumen Alat Ukur Wattmeter Digital Berbasis Arduino Nano dan Sensor PZEM-004T," *Jurnal Teknologi Terapan (JTT)*, vol. 9, no. 1, pp. 44–51, 2023.
- [21] Akhir, M. N., & Sudrajat, S. (2023, August). Rancang Bangun Alat Praktikum Proteksi Tegangan Rendah terhadap Arus Lebih Menggunakan MCB dan TOLR. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 14, No. 1, pp. 109-115).
- [22] Fadilah, F., Sofiah, S., & Rikardo, A. (2023). Analisis Kerja LVD (*Low Voltage Disconnect*) Multisistem Pada Akumulator 12 Volt Pada Panel Surya. *Jurnal Surya Energy*, 7(2), 54-59.