



## Pengembangan Sistem Buoy untuk Pemantauan Suhu Permukaan Laut dan Evaluasi Kinerja Panel Surya

Dimas Saputra<sup>1\*</sup>, M. Rusydi<sup>2</sup>, Muhammad Abiyu Alharits<sup>3</sup>, Leo Anaris Sakti<sup>4</sup>, Shyndi Febrina Hutabalian<sup>5</sup>, Nike Fitriani<sup>6</sup>

<sup>1-6</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [2201010060@sudetnt.umrah.ac.id](mailto:2201010060@sudetnt.umrah.ac.id)

**Abstract.** *Sea Surface Temperature (SST) is an important parameter in oceanographic studies because it influences climate dynamics, ocean circulation, and marine ecosystems. Continuous monitoring of SST in open sea areas requires a reliable system capable of operating autonomously. This study develops a solar-powered ocean buoy designed to measure sea surface temperature while simultaneously evaluating the performance of a solar panel as the main energy source. The system uses a DS18B20 sensor to measure SST and an INA219 sensor to monitor the voltage, current, and power of the solar panel, while an ESP32 microcontroller functions as the central data processing unit. The results show that sea surface temperature tends to remain relatively stable with small daily variations, whereas the temperature and performance of the solar panel exhibit larger fluctuations due to direct exposure to solar radiation and changing weather conditions. Solar panel performance also shows significant variations in current and power depending on the intensity of sunlight. To analyze the influence of SST variations on solar panel performance, a statistical analysis using Analysis of Variance (ANOVA) was conducted. The ANOVA results, based on the calculated F-value and the significance value (p-value) at a confidence level of  $\alpha = 0.05$ , indicate that SST variations have a significant effect on solar panel performance, demonstrating that the proposed solar-powered buoy system can operate autonomously and has potential for long-term SST monitoring in offshore areas.*

**Keywords:** *ANOVA Analysis.; Panel Performance; Renewable Energy System; Sea Surface Temperature (SST) Buoy; Solar-Powered Ocean Buoy.*

**Abstrak.** Suhu Permukaan Laut merupakan parameter penting dalam kajian oseanografi karena mempengaruhi dinamika iklim, sirkulasi laut, dan ekosistem laut. Pemantauan SST secara kontinu di wilayah lepas pantai memerlukan sistem yang andal dan mampu beroperasi secara mandiri. Penelitian ini mengembangkan pelampung laut bertenaga surya yang dirancang untuk mengukur suhu permukaan laut sekaligus mengevaluasi kinerja panel surya sebagai sumber energi utama. Sistem ini menggunakan sensor DS18B20 untuk pengukuran SST dan sensor INA219 untuk memonitor tegangan, arus, serta daya panel surya, dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu permukaan laut cenderung stabil dengan variasi harian yang relatif kecil, sementara suhu dan kinerja panel surya mengalami fluktuasi yang lebih besar akibat paparan langsung radiasi matahari dan perubahan kondisi cuaca. Kinerja panel surya menunjukkan variasi signifikan pada arus dan daya yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Untuk mengetahui pengaruh variasi SST terhadap kinerja panel surya dilakukan analisis statistik menggunakan Analysis of Variance (ANOVA). Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi SST berpengaruh signifikan terhadap kinerja panel surya pada tingkat kepercayaan  $\alpha = 0,05$ . Sistem pelampung laut bertenaga surya yang dikembangkan mampu beroperasi secara mandiri dan berkelanjutan sehingga berpotensi digunakan untuk pemantauan SST jangka panjang di wilayah lepas pantai.

**Kata kunci:** Pelampung Suhu Permukaan Laut ; Pelampung Laut Bertenaga Surya; Kinerja Panel Surya; Sistem Energi Terbarukan; Analisis ANOVA.

### 1. LATAR BELAKANG

Suhu permukaan laut merupakan salah satu parameter oseanografi yang paling penting untuk merepresentasikan kondisi perairan pesisir dan dinamika laut (Azizah & Wibisana, 2020; Robles-Tamayo et al., 2018). Variasi suhu permukaan laut dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk radiasi matahari, kondisi atmosfer, serta interaksi udara dan laut (Darmanin et al., 2025). Oleh karena itu, pemantauan suhu permukaan laut secara kontinyu sangat penting untuk

memperoleh data yang akurat dan representatif, khususnya di wilayah pesisir yang cenderung mengalami perubahan lingkungan secara cepat (Kwon et al., 2020). Suhu permukaan laut tidak hanya mempengaruhi ekosistem laut, tetapi juga pola cuaca di wilayah pesisir, produktivitas primer, serta perilaku spesies ikan yang memiliki nilai ekonomi penting (Lai & Zhou, 2025; Muksin et al., 2025). Pengukuran yang akurat sangat penting untuk mendukung pengelolaan perikanan, pemodelan iklim, serta perencanaan wilayah pesisir (Bos & Pinsky, 2025).

Pemantauan suhu permukaan laut umumnya dilakukan melalui citra satelit dan pengamatan berbasis darat (Le Menn et al., 2019). Meskipun metode tersebut tidak mampu mencakup wilayah yang luas, informasi yang diperoleh masih terbatas dalam resolusi temporal serta ketersediaan data langsung pada lokasi tertentu. Selain itu, pengukuran berbasis satelit juga dipengaruhi oleh tutupan awan, kondisi permukaan laut, serta gangguan atmosfer yang dapat mengurangi tingkat akurasi (Sun et al., 2023). Di wilayah Tanjungpinang, keterbatasan infrastruktur pemantauan laut, termasuk belum tersedianya pelampung otomatis untuk pengukuran parameter oseanografi secara berkelanjutan seperti suhu dan arus laut, menyebabkan sulitnya memperoleh data lapangan secara real-time.

Buoy dapat digunakan sebagai platform pemantauan di permukaan laut untuk memperoleh data parameter oseanografi secara kontinu (Majumder et al., 2024). Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pelampung berbasis sensor untuk menjaga kondisi laut. Penelitian yang dilakukan oleh (Kusuma et al., 2023) menggunakan pelampung untuk mengamati parameter oseanografi dan meteorologi dengan berbagai sensor, termasuk sensor suhu DS18B20, yang menunjukkan akurasi pengukuran yang tinggi serta konsumsi daya yang relatif rendah. Sistem tersebut juga didukung oleh panel surya dan baterai sebagai sumber energi untuk memastikan perangkat dapat beroperasi secara terus-menerus. Penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif merupakan solusi yang menjanjikan mengingat tingginya ketersediaan radiasi matahari di wilayah laut terbuka (Williams et al., 2025). Namun penelitian yang ada masih lebih fokus pada pemantauan multi parameter oseanografi dan meteorologi, sedangkan evaluasi kinerja sistem energi secara rinci dalam kondisi laut nyata masih relatif terbatas (McLeod & Ringwood, 2022).

Pemantauan parameter oseanografi dan sistem energi secara real-time dapat dilakukan dengan memanfaatkan pelampung sebagai platform pengukuran di permukaan laut tanpa memerlukan infrastruktur darat yang kompleks. Pelampung memungkinkan integrasi sensor untuk DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu permukaan laut dan suhu panel surya, sedangkan sensor INA219 digunakan untuk menghubungkan parameter listrik, termasuk arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya, serta kondisi baterai. Data hasil

pengukuran dikirimkan secara daring melalui platform Ubidots , sehingga memungkinkan pemantauan secara berkelanjutan. Oleh karena itu, pengembangan sistem pelampung yang mengintegrasikan sensor suhu dan sensor listrik dengan kemampuan pemantauan berani menjadi sangat penting untuk mendukung ketersediaan data suhu permukaan laut serta evaluasi kinerja panel surya di perairan pesisir.

Pengembangan dan pemanfaatan pelampung sebagai platform pemantauan lingkungan telah banyak diterapkan dan menunjukkan kinerja yang andal dalam pengumpulan data secara terus menerus. Pelampung dapat mengapung secara stabil di perairan, mendukung integrasi berbagai sensor, serta beroperasi dengan konsumsi energi yang rendah, sehingga cocok digunakan dalam jaringan observasi wilayah pesisir. Penelitian sebelumnya telah menyoroti penggunaan pelampung untuk pemantauan lingkungan pesisir, mitigasi bencana seperti deteksi tsunami, serta aplikasi perikanan seperti pemantauan agregasi ikan tuna. Penelitian-penelitian tersebut mencerminkan kerusakan, stabilitas, dan efisiensi sistem pelampung, yang mendukung penerapannya dalam penelitian ini sebagai platform untuk pengukuran suhu permukaan laut dan evaluasi kinerja sistem energi surya di perairan pesisir.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **Suhu Permukaan Laut (*Sea Surface Temperature*)**

*Sea Surface Temperature* (SST) merupakan suhu pada lapisan paling atas permukaan laut yang berinteraksi langsung dengan atmosfer dan menjadi salah satu parameter penting dalam kajian oseanografi (Tanto & Riswanto, 2022). Nilai SST dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti intensitas radiasi matahari, kondisi angin, arus laut, kedalaman perairan, serta proses pencampuran massa air di laut. Variasi suhu permukaan laut ini berperan penting dalam mengendalikan pertukaran panas antara laut dan atmosfer yang dapat mempengaruhi dinamika cuaca, pola sirkulasi laut, dan sistem iklim global (Mubarrok & Radjawane, 2025). Selain itu, informasi SST juga banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti perikanan, prediksi cuaca laut, serta pemantauan kondisi lingkungan perairan (Hamuna et al., 2015). Oleh karena itu, pengukuran SST secara kontinu menggunakan sistem monitoring seperti *buoy* menjadi penting untuk memperoleh data suhu laut secara *real-time* dan berkelanjutan guna mendukung penelitian dan pengelolaan sumber daya laut.

### **Sistem Buoy untuk Monitoring Lingkungan Laut**

Sistem buoy merupakan perangkat pelampung yang ditempatkan di perairan untuk melakukan pemantauan berbagai parameter lingkungan laut secara kontinu. Dalam bidang oseanografi, buoy berfungsi sebagai platform pengamatan yang dilengkapi dengan berbagai

sensor untuk mengukur parameter lingkungan. Sistem ini memungkinkan pengumpulan data secara real-time dan berkelanjutan tanpa memerlukan pengamatan langsung oleh manusia (Kusuma et al., 2023). Dengan adanya sistem buoy, pengamatan lingkungan laut dapat dilakukan secara lebih efisien dan akurat untuk mendukung penelitian, prediksi cuaca laut, serta pengelolaan sumber daya kelautan. Banyak sistem buoy modern juga memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti panel surya untuk menyediakan daya listrik bagi sensor dan perangkat komunikasi sehingga sistem dapat beroperasi secara mandiri dalam jangka waktu yang lama (Ahmad Nuryasin & Endi Permata, 2024). Dengan adanya integrasi teknologi tersebut, sistem buoy tidak hanya mampu melakukan pengukuran parameter laut secara akurat, tetapi juga dapat mendukung pengiriman data secara berkala untuk keperluan penelitian oseanografi, pemantauan perubahan lingkungan laut, serta pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya kelautan.

### **Suhu Permukaan Laut (Sea Surface Temperature)**

Parameter kinerja panel surya merupakan indikator yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan panel surya dalam mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik (Suwarti & Wahyono, 2019). Beberapa parameter utama yang umum dianalisis meliputi tegangan (V), arus (I), dan daya keluaran (P) yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik.

$$P = V \times I \quad (1)$$

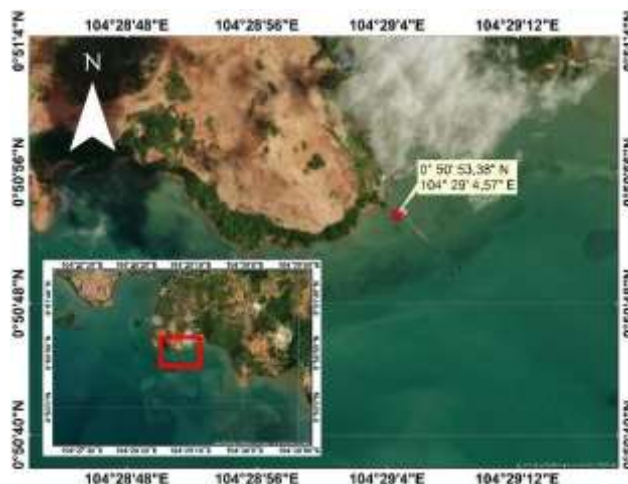
Tegangan menunjukkan perbedaan potensial listrik yang dihasilkan oleh panel surya, sedangkan arus menggambarkan besarnya aliran muatan listrik yang dihasilkan akibat proses konversi energi cahaya menjadi energi listrik. Daya keluaran panel surya merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang menunjukkan besarnya energi listrik yang dapat dimanfaatkan oleh sistem (Dodi Candra, 2023). Kinerja panel surya dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti intensitas radiasi matahari, sudut datang cahaya, suhu permukaan panel, serta kondisi lingkungan sekitar. Selain itu, faktor teknis seperti jenis modul fotovoltaik, efisiensi material semikonduktor, dan kondisi instalasi juga berperan dalam menentukan performa panel surya (Suwarti & Wahyono, 2019). Oleh karena itu, pemantauan parameter tegangan, arus, dan daya secara kontinu menjadi penting untuk mengetahui kinerja sistem energi surya serta memastikan sistem monitoring yang menggunakan panel surya dapat beroperasi secara optimal.

### 3. METODE PENELITIAN

#### Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada September hingga Desember 2025. Tahap awal yang dilakukan pada bulan September dan Oktober difokuskan pada perancangan fisik buoy serta pengujian daya apung untuk memastikan stabilitas dan kesesuaiannya saat ditempatkan di laut. Pada bulan November dilakukan pengujian integrasi sistem, yang meliputi pemasangan sensor suhu dan sensor listrik serta konfigurasi sistem catu daya yang terdiri dari panel surya dan baterai. Setelah pengujian laboratorium berhasil dilakukan untuk memverifikasi kinerja sistem secara keseluruhan, buoy kemudian dipersiapkan untuk pengujian lapangan.

Pengujian lapangan dilaksanakan pada bulan Desember di perairan Kelam Pagi, Dompok, Tanjungpinang, Kepulauan Riau, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Lokasi ini dipilih karena merupakan wilayah pesisir yang belum dilengkapi dengan sistem buoy otomatis untuk pemantauan parameter oseanografi secara real-time. Pengujian lapangan dan pengambilan data dilakukan selama tiga hari berturut-turut, yaitu dari 8 hingga 11 Desember 2025, di mana buoy ditempatkan di permukaan laut untuk memperoleh pengukuran suhu permukaan laut secara kontinu serta mengevaluasi kinerja sistem energi energi surya.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian.

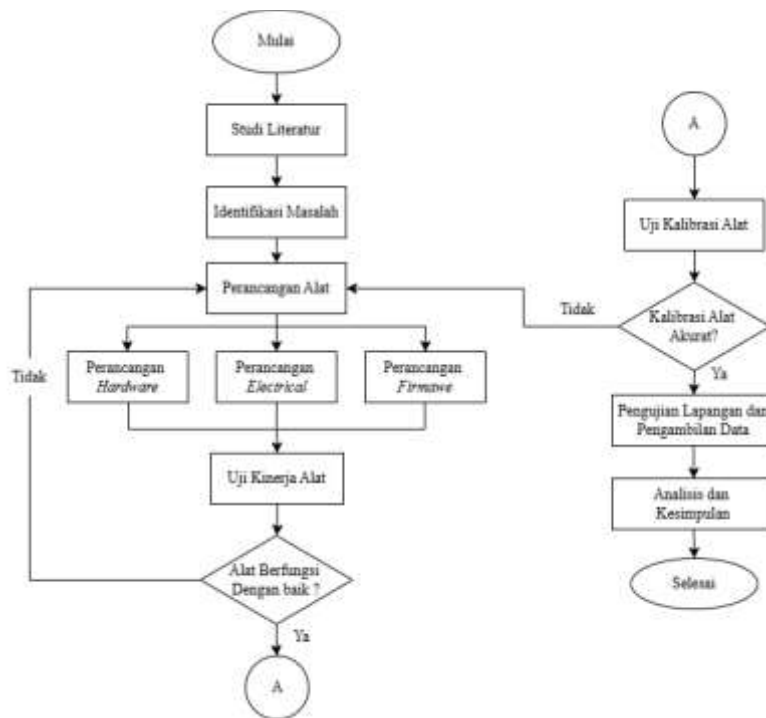
#### Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur yang bertujuan untuk mengumpulkan berbagai referensi yang relevan seperti buku, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu sebagai landasan teori dalam penelitian. Berdasarkan hasil studi literatur tersebut kemudian dilakukan identifikasi masalah untuk menentukan permasalahan utama yang akan diteliti serta menetapkan tujuan dari penelitian yang dilakukan.

Selanjutnya dilakukan perancangan alat yang meliputi perancangan hardware, electrical, dan firmware. Perancangan hardware dilakukan dengan menentukan dan menyusun komponen yang akan digunakan pada sistem. Perancangan electrical berfokus pada penyusunan rangkaian dan hubungan antar komponen agar sistem dapat bekerja dengan baik, sedangkan perancangan firmware dilakukan dengan membuat program yang mengatur proses kerja alat.

Alat yang telah dirancang kemudian diuji melalui uji kinerja alat untuk mengetahui apakah sistem dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Jika alat belum bekerja dengan baik, maka dilakukan perbaikan kembali pada bagian perancangan hingga alat dapat berfungsi dengan optimal. Setelah alat berfungsi dengan baik, dilakukan uji kalibrasi alat untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang diperoleh memiliki tingkat akurasi yang baik. Apabila hasil kalibrasi belum akurat, maka dilakukan penyesuaian kembali pada sistem hingga diperoleh hasil pengukuran yang sesuai.

Setelah alat dinyatakan akurat, dilakukan pengujian lapangan dan pengambilan data menggunakan alat yang telah dibuat. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui hasil pengukuran serta mengevaluasi kinerja alat. Berdasarkan hasil analisis tersebut kemudian disusun kesimpulan yang menjelaskan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Diagram alir prosedur penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

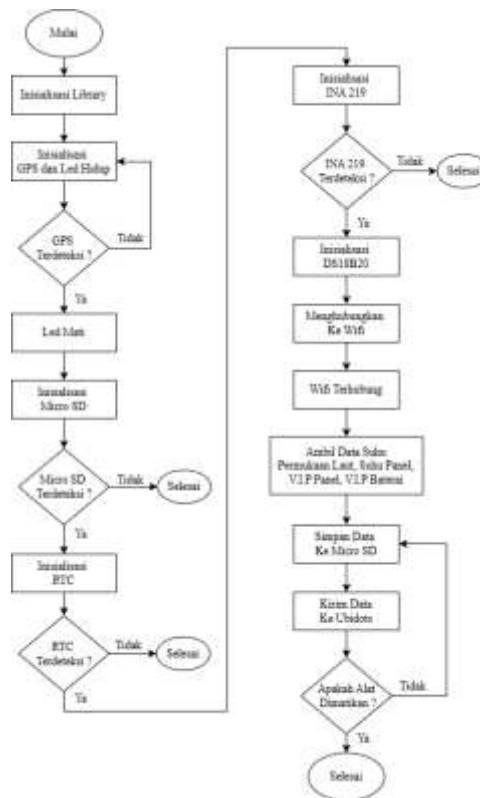
## **Desain Sistem Buoy**

Proses sistem dimulai dengan inisialisasi library yang diperlukan agar seluruh modul dan sensor dapat digunakan oleh mikrokontroler. Setelah library berhasil dimuat, sistem melakukan inisialisasi GPS dan LED. LED digunakan sebagai indikator bahwa perangkat sedang melakukan proses pencarian sinyal GPS. Sistem kemudian memeriksa apakah GPS telah terdeteksi. Jika GPS belum terdeteksi, maka proses inisialisasi GPS akan diulang sampai sinyal GPS berhasil diperoleh. Ketika GPS sudah terdeteksi, LED akan dimatikan sebagai tanda bahwa koordinat lokasi telah berhasil didapatkan.

Selanjutnya sistem melakukan inisialisasi microSD sebagai media penyimpanan data. Setelah proses ini dilakukan, sistem memeriksa apakah microSD terdeteksi. Jika microSD tidak terdeteksi maka proses akan dihentikan, sedangkan jika microSD berhasil terdeteksi maka sistem melanjutkan proses dengan inisialisasi modul RTC. RTC digunakan untuk memperoleh informasi waktu secara real-time yang akan digunakan sebagai penanda waktu pada data yang direkam. Apabila RTC tidak terdeteksi, maka sistem akan berhenti, namun jika RTC berhasil terdeteksi maka sistem akan melanjutkan ke proses berikutnya.

Setelah itu dilakukan inisialisasi sensor INA219 yang digunakan untuk mengukur nilai tegangan dan arus. Sistem kemudian memeriksa apakah sensor INA219 terdeteksi. Jika sensor tidak terdeteksi maka sistem akan berhenti, sedangkan jika sensor berhasil terdeteksi maka sistem melanjutkan dengan inisialisasi sensor suhu DS18B20. Setelah seluruh sensor berhasil diinisialisasi, sistem kemudian melakukan proses koneksi ke jaringan WiFi hingga status menunjukkan bahwa WiFi telah terhubung.

Ketika koneksi WiFi telah berhasil, sistem mulai melakukan pengambilan data yang meliputi suhu permukaan laut, suhu panel, tegangan dan arus panel, serta tegangan dan arus baterai. Data yang diperoleh kemudian disimpan ke dalam microSD sebagai penyimpanan lokal. Selain itu data juga dikirimkan ke platform Ubidots melalui jaringan WiFi untuk keperluan pemantauan secara daring. Proses pengambilan data, penyimpanan, dan pengiriman data ini akan terus dilakukan selama perangkat masih aktif. Sistem kemudian memeriksa apakah perangkat dimatikan atau tidak. Jika perangkat masih aktif maka proses akan terus berulang, sedangkan jika perangkat dimatikan maka seluruh proses akan dihentikan dan sistem selesai.



**Gambar 3.** Perancangan Firmware.

### Akuisisi Data dan Parameter Pengukuran

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi suhu permukaan laut ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan suhu panel surya ( $^{\circ}\text{C}$ ) yang diukur menggunakan sensor DS18B20, serta parameter listrik seperti tegangan (V), arus (mA), dan daya (mW) pada panel surya dan baterai yang diukur menggunakan sensor INA219. Pengambilan data dilakukan secara otomatis dengan interval 1 menit selama periode pengamatan tiga hari, yaitu dari 8 hingga 11 Desember 2025. Data yang diperoleh memungkinkan pemantauan suhu permukaan laut secara kontinu serta evaluasi kinerja sistem energi surya dan kondisi baterai selama buoy beroperasi di lingkungan laut. Seluruh data dikirim secara real-time ke platform Ubidots, sehingga dapat dipantau secara daring dan digunakan untuk analisis lebih lanjut, termasuk penerapan metode analisis varians satu arah (*one-way ANOVA*) untuk mengevaluasi variasi harian suhu dan kinerja energi.

### Data Analisis

Data yang diperoleh dari sensor suhu permukaan laut, suhu panel surya, serta parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya pada panel surya dan baterai dianalisis secara kuantitatif untuk menilai pola variasi dan kinerja sistem energi. Analisis dilakukan menggunakan metode *One-Way Analysis of Variance (ANOVA)*, yaitu metode statistik yang digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata dari lebih dari dua

kelompok data. Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Ronald A. Fisher dan sering digunakan dalam penelitian eksperimental dan komparatif (Kusuma, 2023).

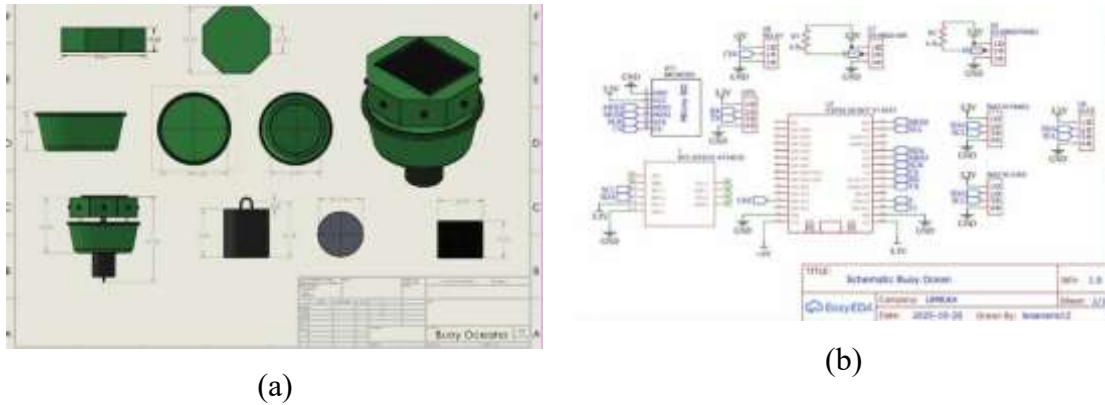
*One-Way* ANOVA digunakan untuk menguji hipotesis nol bahwa seluruh kelompok memiliki nilai rata-rata yang sama, dimana pada penelitian ini pengelompokan didasarkan pada hari pengamatan dari 8 hingga 11 Desember 2025, sehingga setiap hari merepresentasikan satu kelompok data yang berisi rangkaian pengukuran dengan interval waktu satu menit. Apabila hasil analisis menunjukkan bahwa nilai statistik F lebih besar daripada nilai kritis (F-crit), maka hipotesis nol ditolak, yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara setidaknya dua kelompok data. Namun, metode ANOVA tidak menunjukkan secara spesifik kelompok mana yang berbeda, sehingga diperlukan uji lanjutan seperti Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*) untuk menentukan pasangan kelompok yang memiliki perbedaan signifikan. Uji lanjutan Tukey HSD dilakukan menggunakan persamaan tertentu untuk menentukan perbedaan rata-rata antar kelompok. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi variasi harian suhu permukaan laut, suhu panel surya, serta keluaran daya panel surya dan baterai, sehingga dapat menilai efektivitas sistem catu daya dalam mendukung operasi buoy secara berkelanjutan. Hasil analisis tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk mempermudah interpretasi dan pembahasan pada subbab Hasil dan Pembahasan.

$$HSD_{ij} = q_{\alpha}(k, df) \cdot \sqrt{\frac{MSE}{2} \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} \quad (2)$$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Bouy

Pembuatan perangkat ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu perancangan buoy, perakitan komponen elektronik, serta pengembangan dashboard pada platform Ubidots. Tahap perancangan bertujuan untuk menentukan model buoy yang sesuai dengan kebutuhan sistem, kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan buoy berdasarkan desain yang telah ditetapkan. Sistem elektronik dirancang melalui proses desain PCB menggunakan aplikasi EasyEDA, dengan komponen utama yang digunakan antara lain ESP32, INA219, DS18B20, GPS NEO-7, RTC DS3231, modul step-down, dan komponen pendukung lainnya. Skema rangkaian dan tata letak PCB yang telah dirancang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 4.** Design (a) Desain buoy (b) Skematik.

Pengujian lapangan dilakukan dengan menempatkan perangkat buoy seperti yang ditunjukkan pada Gambar di perairan Kelam Pagi, Dompok, Tanjungpinang, Kepulauan Riau. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kinerja perangkat dalam mengumpulkan data parameter oseanografi dan meteorologi. Pengujian lapangan dilakukan selama empat hari, dan data hasil pengujian lapangan dapat dilihat melalui dashboard Ubidots. Dashboard Ubidots menampilkan beberapa widget yang menunjukkan suhu panel surya (PV temperature), tegangan, arus dan daya panel surya serta baterai, serta suhu permukaan laut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar



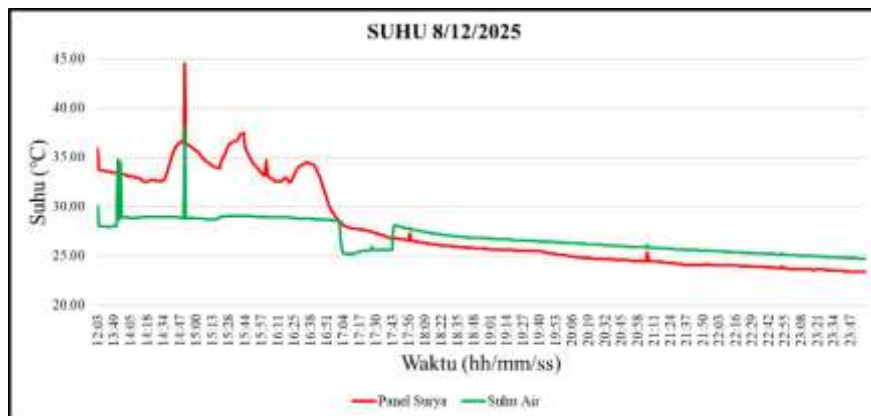
**Gambar 5.** Pengujian (a) Platform Ubidots, (b) Lapangan.

**Hasil Suhu Permukaan Laut**

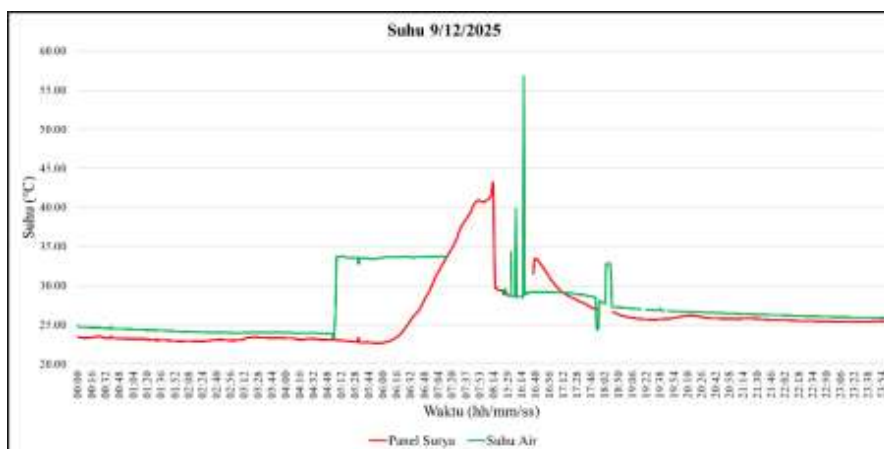
Grafik suhu menunjukkan bahwa Suhu Permukaan Laut (Sea Surface Temperature/SST) atau suhu air permukaan memiliki karakteristik yang jauh lebih stabil dibandingkan dengan suhu panel surya yang terpapar udara terbuka. Berdasarkan hasil pengamatan dari 8 hingga 11 Desember 2025, suhu air permukaan secara konsisten berada pada kisaran sekitar 25°C hingga 30°C, dengan fluktuasi harian yang sangat kecil. Sebaliknya,

suhu panel surya menunjukkan peningkatan yang drastis pada siang hari, yang sering kali melebihi  $40^{\circ}\text{C}$  hingga hampir  $45^{\circ}\text{C}$  ketika radiasi matahari mencapai puncaknya.

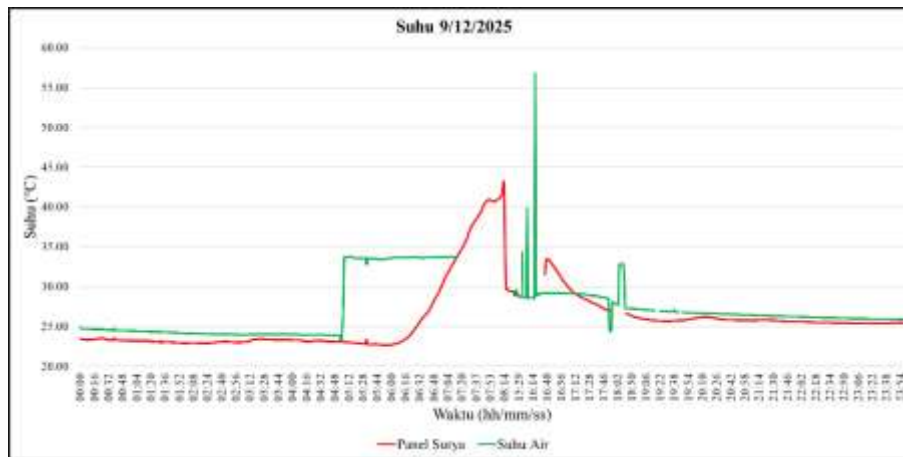
Fenomena ini menegaskan peran air sebagai penyerap panas alami (natural heat sink) yang efektif. Hal ini disebabkan karena air memiliki kapasitas panas yang tinggi, sehingga mampu menyerap energi termal dari lingkungan tanpa mengalami peningkatan suhu yang ekstrem. Stabilitas SST ini memberikan dampak positif yang signifikan terhadap efisiensi operasional sistem yang berada di atas air. Ketika suhu panel surya meningkat tajam akibat paparan sinar matahari, perbedaan suhu antara panel dan permukaan air menciptakan efek pendinginan pasif yang membantu mencegah sel fotovoltaik mengalami pemanasan berlebih. Meskipun terdapat beberapa lonjakan sesaat (*noise*) pada data sensor suhu air pada waktu tertentu, tren keseluruhan menunjukkan bahwa lingkungan perairan menyediakan kondisi termal yang jauh lebih moderat dibandingkan dengan lingkungan darat. Kondisi ini secara langsung mendukung kinerja sistem dengan meminimalkan penurunan tegangan akibat koefisien suhu pada panel surya, sehingga produksi energi dapat tetap stabil sepanjang hari.



(a)



(b)



(c)



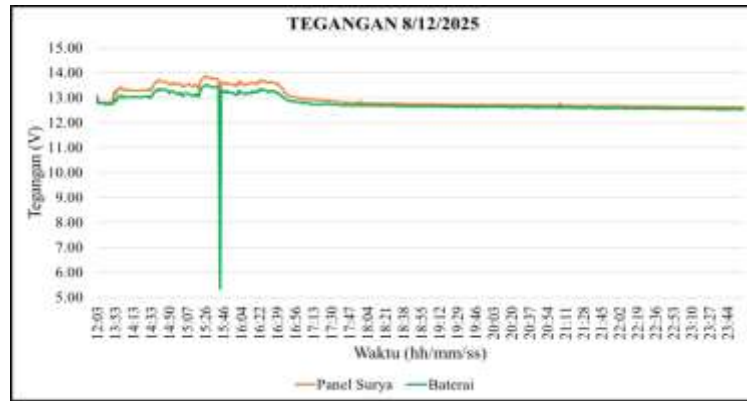
(d)

**Gambar 6.** Grafik suhu permukaan laut dan suhu panel surya (a) 08 Desember 2025; (b) 09 Desember 2025; (c) 10 Desember 2025; (d) 11 Desember 2025.

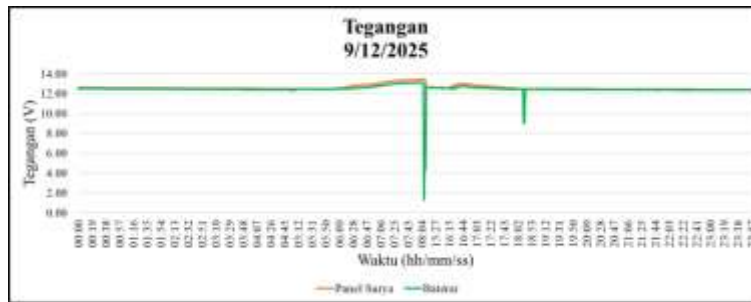
### Kinerja Panel Surya

Berdasarkan pemantauan tegangan panel surya dari 8 hingga 11 Desember 2025, kinerja panel menunjukkan pola yang stabil sesuai dengan karakteristik sistem fotovoltaik. Tegangan panel meningkat dari pagi hingga siang hari seiring dengan meningkatnya intensitas radiasi matahari, dengan kisaran tegangan sekitar 12,5–13,5 V, yang cukup untuk proses pengisian baterai. Tegangan puncak terjadi pada saat kondisi penyinaran matahari optimal. Fluktuasi tegangan dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kondisi cuaca dan sudut datang sinar matahari. Namun secara umum, tegangan panel tetap lebih tinggi dibandingkan tegangan baterai sehingga proses pengisian dapat berlangsung secara efektif. Pada sore hingga malam hari, tegangan panel menurun dan mendekati tegangan baterai, yang menandakan berakhirnya

proses pengisian. Secara keseluruhan, panel surya menunjukkan kinerja yang baik dan mampu mendukung sistem penyimpanan energi secara optimal.



(a)



(b)

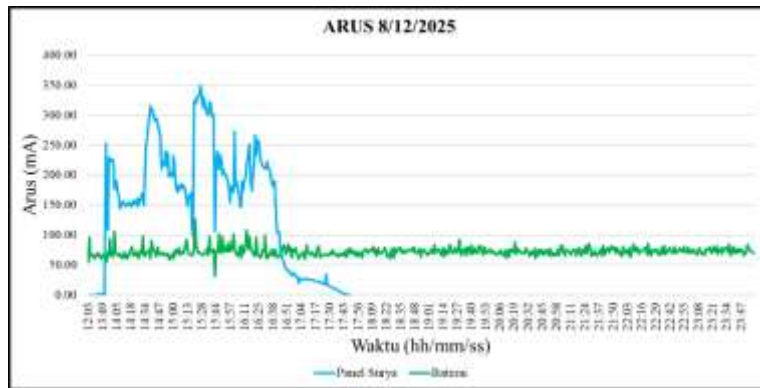


(c)

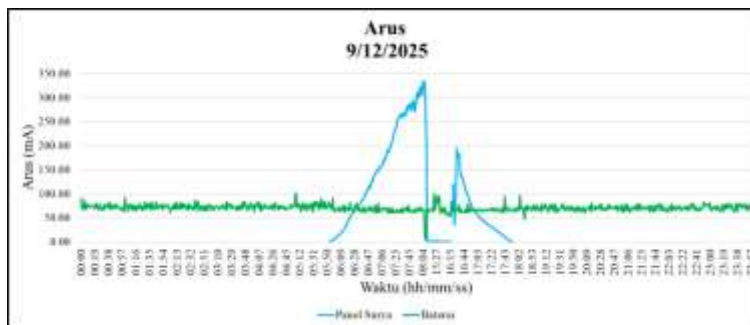


(d)

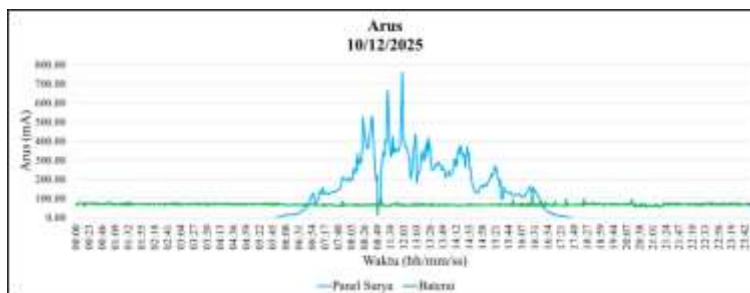
**Gambar 7.** Grafik tegangan panel dan baterai (a) 08 Desember 2025; (b) 09 Desember 2025; (c) 10 Desember 2025; (d) 11 Desember 2025.



(a)



(b)



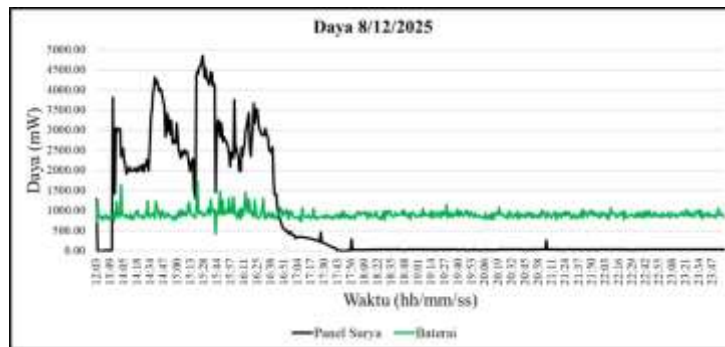
(c)



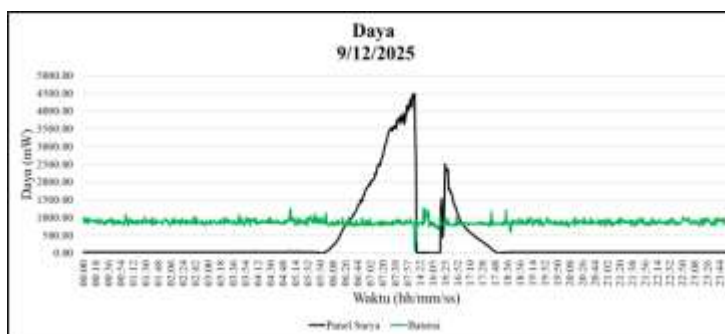
(d)

**Gambar 8.** Grafik arus panel dan baterai (a) 08 Desember 2025; (b) 09 Desember 2025; (c) 10 Desember 2025; (d) 11 Desember 2025.

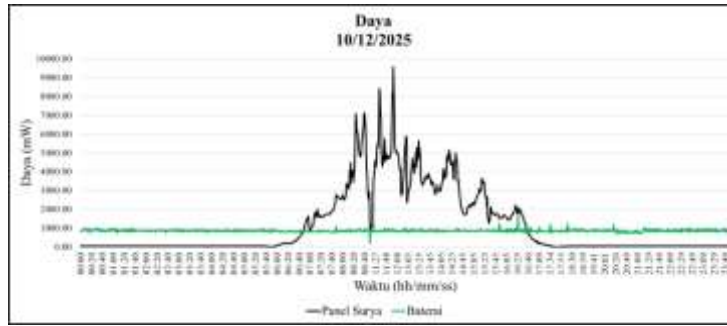
Berdasarkan grafik arus panel surya pada 8–11 Desember 2025, kinerja panel menunjukkan variasi harian yang dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan kondisi cuaca. Pada 8 Desember, arus berkisar antara 150 hingga 350 mA dengan fluktuasi yang cukup tajam dan menurun hingga mendekati nol pada sore hari akibat berkurangnya intensitas sinar matahari. Pada 9 Desember, terjadi peningkatan arus hingga sekitar 330 mA, namun terdapat penurunan secara tiba-tiba yang mengindikasikan adanya gangguan cuaca atau mekanisme perlindungan sistem. Kinerja terbaik terjadi pada 10 Desember, dengan arus puncak mencapai sekitar 700–750 mA dan mampu dipertahankan selama beberapa jam, yang menunjukkan kondisi cuaca cerah dengan radiasi matahari yang optimal. Sebaliknya, pada 11 Desember, arus yang dihasilkan relatif rendah dan meningkat secara perlahan hingga sekitar 120–130 mA, yang menunjukkan kondisi penyinaran matahari yang kurang optimal. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa arus keluaran panel surya sangat bergantung pada kondisi lingkungan, sehingga diperlukan sistem manajemen dan penyimpanan energi untuk menjaga stabilitas operasional.



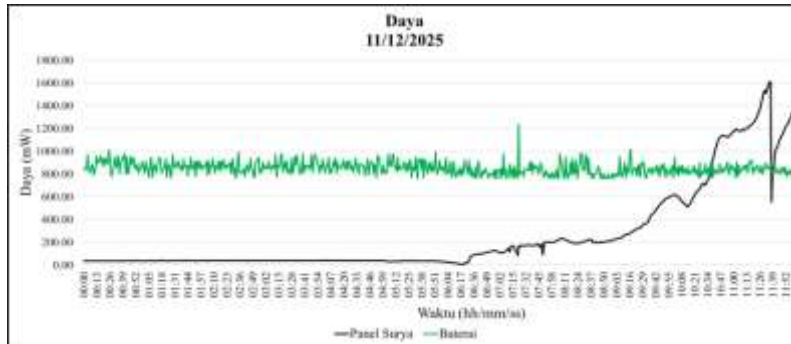
(a)



(b)



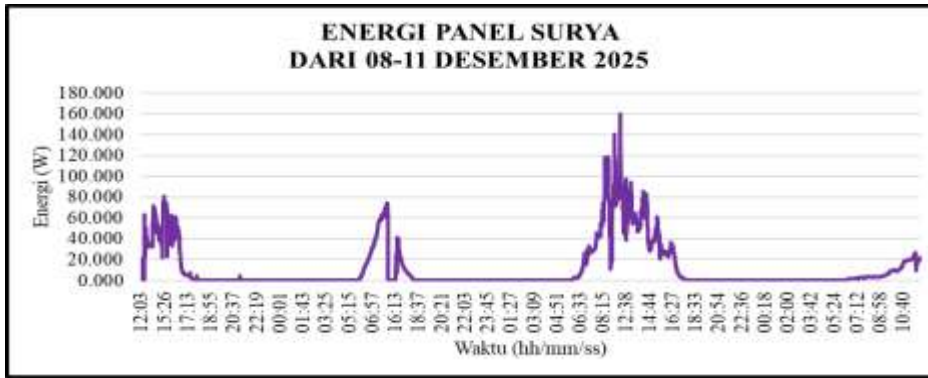
(c)



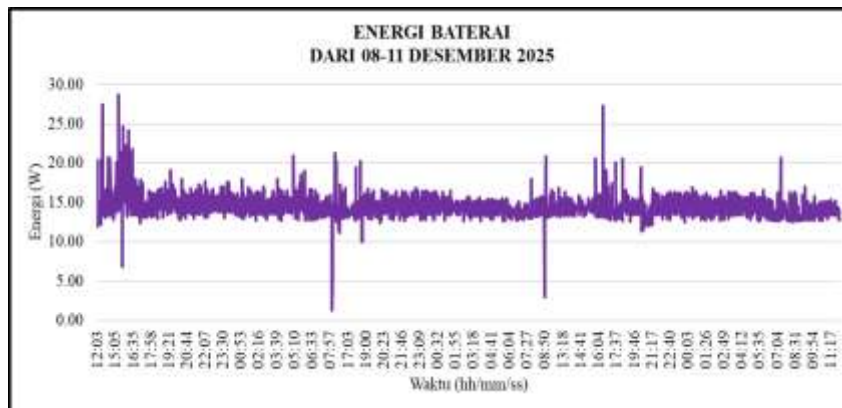
(d)

**Gambar 9.** Grafik daya panel dan baterai (a) 08 Desember 2025; (b) 09 Desember 2025; (c) 10 Desember 2025; (d) 11 Desember 2025.

Berdasarkan grafik daya panel surya pada 8–11 Desember 2025, terdapat variasi kinerja harian yang signifikan akibat perbedaan intensitas radiasi matahari dan kondisi cuaca. Pada 8 Desember, daya panel berfluktuasi pada kisaran 2.000–4.500 W dan mengalami penurunan tajam pada sore hari, yang menunjukkan kondisi penyinaran yang tidak stabil. Pada 9 Desember, terjadi peningkatan daya hingga sekitar 4.500 W, namun terdapat penurunan secara tiba-tiba yang mengindikasikan adanya gangguan cuaca atau mekanisme perlindungan sistem. Kinerja terbaik terjadi pada 10 Desember, dengan daya puncak mencapai sekitar 9.000–10.000 W, yang menunjukkan kondisi cuaca cerah dengan radiasi matahari yang optimal. Sebaliknya, pada 11 Desember, daya yang dihasilkan relatif rendah dan meningkat secara perlahan hingga sekitar 1.500–1.600 W, yang menunjukkan kondisi penyinaran matahari yang kurang optimal. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, serta menunjukkan pentingnya sistem penyimpanan energi untuk menjaga stabilitas pasokan daya



(a)



(b)

**Gambar 10.** Grafik energi (a) panel surya, (b) baterai.

### Hasil uji ANOVA satu arah

Pada bagian ini, dilakukan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menganalisis apakah terdapat perbedaan rata-rata parameter sistem pada empat hari pengamatan, yaitu 8, 9, 10, dan 11 Desember 2025. Dalam analisis ini, hari pengamatan digunakan sebagai faktor kelompok, sedangkan parameter yang dianalisis meliputi tegangan, arus, daya, serta suhu yang diukur oleh sistem buoy. Setiap kelompok data terdiri dari pengukuran dengan interval waktu 1 menit, sehingga setiap hari menghasilkan ratusan hingga lebih dari seribu sampel data yang digunakan dalam analisis statistik. Dengan pendekatan ini, ANOVA digunakan untuk mengevaluasi apakah perubahan kondisi lingkungan harian memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja panel surya dan sistem penyimpanan energi.

**Tabel 1.** Hasil One-Way ANOVA terhadap Tegangan PV.

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	52.22552448	3	17.40851	114.98	6.10569E-71	2.61
Within Groups	518.7266219	3426	0.151409			
Total	570.9521464	3429				

**Tabel 2.** Uji Tukey.

Tukey	
MSE (Within Groups)	0.151408821
df error	3426
Jumlah kelompok (k)	4
Alpha ( $\alpha$ )	0.05
Nilai q (Studentized Range)	3.63

Hasil uji *Analysis of Variance* (ANOVA) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F hitung yang lebih besar daripada nilai F kritis ( $F > F_{crit}$ ) serta nilai signifikansi (p-value) yang jauh lebih kecil dari 0,05 untuk seluruh parameter. Perbedaan ini kemungkinan berkaitan dengan variasi kondisi lingkungan harian seperti perubahan intensitas radiasi matahari, suhu lingkungan, dan kondisi cuaca selama periode pengujian. Dengan demikian, hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak, dan hasil ANOVA memberikan bukti statistik yang kuat bahwa perbedaan kondisi pengamatan berpengaruh nyata terhadap kinerja sistem energi pada buoy laut bertenaga surya..

**Tabel 3.** Hasil One-Way ANOVA terhadap Tegangan Baterai.

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	52.57380663	3	17.52460221	107.039	2.95936E-66	2.61
Within Groups	563.5297796	3442	0.164			
Total	616.1035862	3445				

**Tabel 4.** Uji Tukey.

Tukey	
MSE (Within Groups)	0.164
df error	3442
Jumlah kelompok (k)	4
Alpha ( $\alpha$ )	0.05
Nilai q (Studentized Range)	3.63

Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok pengamatan, yang ditunjukkan oleh nilai F hitung sebesar 107,039, lebih besar daripada nilai F kritis sebesar 2,61, serta nilai p-value =  $2,96 \times 10^{-66}$  ( $< 0,05$ ). Hal ini menegaskan bahwa variasi kondisi yang diuji memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter yang diamati, sehingga hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak. Untuk mengidentifikasi perbedaan spesifik antar kelompok, dilakukan uji lanjut Tukey HSD dengan  $\alpha = 0,05$ . Berdasarkan nilai Mean Square Error (MSE) sebesar 0,164 dan nilai q sebesar 3,63, hasil uji Tukey menunjukkan bahwa terdapat pasangan kelompok yang berbeda secara signifikan.

**Tabel 5.** Hasil One-Way ANOVA terhadap Arus PV.

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	4726500.163	3	1575500.054	138.85	2.26947E-78	2.61
Within Groups	15261436.06	1345	11346.79			
Total	19987936.22	1348				

**Tabel 6.** Uji Tukey.

Tukey	
MSE (Within Groups)	11346.79
df error	1345
Jumlah kelompok (k)	4
Alpha ( $\alpha$ )	0.05
Nilai q (Studentized Range)	3.63

Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok, dengan nilai F hitung sebesar 138,85, yang jauh lebih besar daripada nilai F kritis sebesar 2,61, serta nilai p-value yang sangat kecil ( $p = 2,27 \times 10^{-78} < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa variasi kondisi pengamatan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter yang dianalisis, sehingga hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak. Untuk mengetahui perbedaan spesifik antar kelompok, dilakukan uji lanjut Tukey HSD dengan nilai MSE sebesar 11.346,79, derajat kebebasan galat sebesar 1.345, dan  $\alpha = 0,05$ . Hasil uji Tukey menunjukkan bahwa terdapat pasangan kelompok yang berbeda secara signifikan.

**Tabel 7.** Hasil One-Way ANOVA terhadap Arus Baterai.

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	8572.654022	3	2857.551341	81.548	5.78634E-51	2.61
Within Groups	120612.413	3442	35.041			
Total	129185.067	3445				

**Tabel 8.** Uji Tukey.

Tukey	
MSE (Within Groups)	35.041
df error	3442
Jumlah kelompok (k)	4
Alpha ( $\alpha$ )	0.05
Nilai q (Studentized Range)	3.63

Hasil uji ANOVA untuk arus baterai menghasilkan nilai F hitung sebesar 81,548, yang lebih besar daripada nilai F kritis sebesar 2,61, dengan p-value sebesar  $5,79 \times 10^{-51}$  ( $< 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada arus baterai antar kelompok pengamatan. Uji lanjut Tukey dengan  $MSE = 35,041$  dan  $q = 3,63$  mengonfirmasi bahwa perbedaan tersebut signifikan secara statistik, yang mencerminkan perubahan pola pengisian dan pengosongan baterai akibat variasi kondisi operasi sistem.

**Tabel 9.** Hasil One-Way ANOVA terhadap Daya PV.

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	444462580.3	3	148154193.4	92.916	8.05588E-58	2.61
Within Groups	5488255865	3442	1594496.184			
Total	5932718446	3445				

**Tabel 10.** Uji Tukey.

Tukey	
MSE (Within Groups)	1594496.18
df error	3442
Jumlah kelompok (k)	4
Alpha ( $\alpha$ )	0.05
Nilai q (Studentized Range)	3.63

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok pengamatan, yang ditunjukkan oleh nilai F hitung sebesar 92,916, yang jauh lebih besar daripada nilai F kritis sebesar 2,61, serta nilai p-value yang sangat kecil ( $8,05 \times 10^{-58} < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak. Uji lanjut Tukey dengan  $\alpha = 0,05$  digunakan untuk mengidentifikasi pasangan kelompok yang berbeda secara signifikan.

**Tabel 11.** One way ANOVA result of Battery Power.

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1167645.201	3	389215.0671	71.996	3.71281E-45	2.61
Within Groups	18607731.56	3442	5406.081			
Total	19775376.76	3445				

**Tabel 12.** Uji Tukey.

Tukey	
MSE (Within Groups)	5406.08
df error	3442
Jumlah kelompok (k)	4
Alpha ( $\alpha$ )	0.05
Nilai q (Studentized Range)	3.63

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok pengamatan, yang ditunjukkan oleh nilai F hitung sebesar 71,996 yang lebih besar daripada nilai F kritis sebesar 2,61, serta nilai p-value yang sangat kecil ( $p < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa variasi kondisi pengamatan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter yang diuji. Dengan demikian, hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak. Uji lanjut Tukey HSD dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan spesifik antar kelompok. Dengan nilai MSE sebesar 5406,08, 4 kelompok, dan taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ , hasil uji Tukey mengonfirmasi bahwa perbedaan antar kelompok tersebut signifikan secara statistik

**Tabel 13.** Hasil One-Way ANOVA terhadap Suhu PV.

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	7463.60997	3	2487.86999	86.42220334	7.15991E-54	2.607543146
Within Groups	97071.09148	3372	28.78739368			
Total	104534.7015	3375				

**Tabel 14.** Uji Tukey.

Tukey	
MSE (Within Groups)	28.79
df error	3372
Jumlah kelompok (k)	4
Alpha ( $\alpha$ )	0.05
Nilai q (Studentized Range)	3.63

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok pengamatan, yang ditunjukkan oleh nilai F hitung (86,42) yang lebih besar daripada nilai F kritis (2,61) serta nilai p-value ( $7,16 \times 10^{-54}$ ) yang jauh lebih kecil daripada  $\alpha = 0,05$ . Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak, sehingga variasi antar kelompok memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter yang diuji. Selanjutnya, dilakukan uji lanjut Tukey HSD untuk mengidentifikasi perbedaan spesifik antar kelompok. Berdasarkan nilai Mean Square Error (MSE) sebesar 28,79, derajat kebebasan galat sebesar 3372, serta nilai q sebesar 3,63, hasil uji Tukey mengonfirmasi bahwa perbedaan yang terdeteksi oleh ANOVA tersebut signifikan secara statistik..

**Tabel 15.** Hasil One-Way ANOVA terhadap Suhu Air.

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1237.580433	3	412.5268111	69.428	1.48298E-43	2.61
Within Groups	19928.91349	3354	5.942			
Total	21166.49393	3357				

**Tabel 16.** Uji Tukey.

Tukey	
MSE (Within Groups)	5.942
df error	3354
Jumlah kelompok (k)	4
Alpha ( $\alpha$ )	0.05
Nilai q (Studentized Range)	3.63

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok pada parameter yang dianalisis. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F hitung (69,428) yang lebih besar daripada nilai F kritis (2,61) serta nilai p-value yang sangat kecil ( $p < 0,05$ ). Dengan demikian, hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak, yang berarti bahwa variasi antar kelompok memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai parameter. Selanjutnya, dilakukan uji lanjut Tukey HSD untuk mengidentifikasi perbedaan antar kelompok secara lebih spesifik. Berdasarkan nilai Mean Square Error (MSE) sebesar 5,942, derajat kebebasan ( $df = 3354$ ), serta nilai q sebesar 3,63 pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ , hasil uji Tukey mengonfirmasi bahwa perbedaan antar kelompok tersebut signifikan.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis grafik dan uji statistik ANOVA, dapat disimpulkan bahwa kinerja panel surya pada sistem buoy laut sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, khususnya intensitas radiasi matahari dan suhu permukaan laut. Grafik menunjukkan bahwa arus, tegangan, dan daya panel surya berfluktuasi secara signifikan seiring perubahan cuaca, sedangkan baterai berperan efektif dalam menstabilkan suplai energi. Hasil uji ANOVA pada seluruh parameter menunjukkan bahwa nilai F hitung lebih besar daripada nilai F kritis dan nilai p-value  $< 0,05$ , yang menandakan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok pengamatan. Dengan demikian, variasi kondisi lingkungan terbukti secara statistik memengaruhi kinerja panel surya dan sistem penyimpanan energi, sehingga integrasi panel surya dan baterai pada buoy laut dinilai andal untuk pemantauan jangka panjang

## DAFTAR REFERENSI

- Ahmad Nuryasin, & Permata, E. (2024). Prototipe pembangkit tenaga surya kapasitas 20 watt peak sebagai sumber utama tenaga listrik autonomous buoy. *Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Journal*, 6(12). <https://doi.org/10.47467/reslaj.v6i12.4607>
- Azizah, A., & Wibisana, H. (2020). Analisa temporal sebaran suhu permukaan laut tahun 2018 hingga 2020 dengan data citra Terra MODIS. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of*

Marine Science and Technology, 13(3), 196–205.  
<https://doi.org/10.21107/jk.v13i3.7550>

- Bos, J. T., & Pinsky, M. L. (2025). Fine resolution satellite sea surface temperatures capture the conditions experienced by corals at monthly but not daily timescales. *Coral Reefs*, 44(2), 423–434. <https://doi.org/10.1007/s00338-024-02611-8>
- Darmanin, G. C., Gauci, A., Giona Bucci, M., & Deidun, A. (2025). Monitoring sea surface temperature and sea surface salinity around the Maltese Islands using Sentinel-2 imagery and the random forest algorithm. *Applied Sciences*, 15(2), 929. <https://doi.org/10.3390/app15020929>
- Dodi Candra, S. N. (2023). Analisis karakteristik tegangan, arus dan daya thin solar panel. *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, 13(1), 337–342. <https://doi.org/10.36499/psnst.v13i1.9778>
- Hamuna, B., Paulangan, Y. P., & Dimara, L. (2015). Kajian suhu permukaan laut menggunakan data satelit Aqua-MODIS di perairan Jayapura, Papua. *Depik*, 4(3). <https://doi.org/10.13170/depik.4.3.3055>
- Kusuma, H. A. (2023). *Probabilitas dan statistik: Aplikasi di teknik elektro*. Deepublish.
- Kusuma, H. A., Alfahmi, M. H., Suhendra, T., & Setyono, D. E. D. (2023). Buoy observasi data parameter oseanografi dan meteorologi di perairan terumbu karang: Desain dan implementasi. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 22(2), 259–272. <https://doi.org/10.31358/techne.v22i2.363>
- Kwon, K., Choi, B.-J., Kim, S.-D., Lee, S.-H., & Park, K.-A. (2020). Assessment and improvement of global gridded sea surface temperature datasets in the Yellow Sea using in situ ocean buoy and research vessel observations. *Remote Sensing*, 12(5), 759. <https://doi.org/10.3390/rs12050759>
- Lai, Q., & Zhou, W. (2025). Multiscale variation analysis of sea surface temperature in the fishing grounds of pelagic fisheries. *Frontiers in Marine Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1567030>
- Le Menn, M., Poli, P., David, A., Sagot, J., Lucas, M., O'Carroll, A., Belbeoch, M., & Herklotz, K. (2019). Development of surface drifting buoys for fiducial reference measurements of sea-surface temperature. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00578>
- Majumder, A., Losito, M., Paramasivam, S., Kumar, A., & Gatto, G. (2024). Buoys for marine weather data monitoring and LoRaWAN communication. *Ocean Engineering*, 313, 119521. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119521>
- McLeod, I., & Ringwood, J. V. (2022). Powering data buoys using wave energy: A review of possibilities. *Journal of Ocean Engineering and Marine Energy*, 8(3), 417–432. <https://doi.org/10.1007/s40722-022-00240-3>
- Mubarrok, S., & Radjawane, I. M. (2025). Tren kenaikan suhu permukaan laut dan korelasinya dengan suhu laut global periode 1982–2024. *Geosains Kutai Basin*, 8(2), 49–59. <https://doi.org/10.30872/aawsmt98>

- Muksin, D., Rumagia, F., Syukur, K., Abubakar, S., Kadir, I. A., Taeran, I., Darmawaty, D., & Kaidati, B. (2025). Effect of sea surface temperature and chlorophyll-a on the catch of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the waters of North Maluku, Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 28(3), 479–486. <https://doi.org/10.14710/jkt.v28i3.29397>
- Robles-Tamayo, C. M., Valdez-Holguín, J. E., García-Morales, R., Figueroa-Preciado, G., Herrera-Cervantes, H., López-Martínez, J., & Enríquez-Ocaña, L. F. (2018). Sea surface temperature (SST) variability of the eastern coastal zone of the Gulf of California. *Remote Sensing*, 10(9), 1434. <https://doi.org/10.3390/rs10091434>
- Sun, W., Sangmanee, C., Jiang, Y., Ma, Y., Li, J., & Zhao, Y. (2023). Quality analysis and correction of sea surface temperature data from China HY-1C satellite in Southeast Asia seas. *Sensors*, 23(18), 7692. <https://doi.org/10.3390/s23187692>
- Suwarti, & Wahyono. (2019). Analisis pengaruh intensitas matahari, suhu permukaan, dan sudut pengarah terhadap kinerja panel surya. *Eksergi*, 14(2). <https://doi.org/10.32497/eksergi.v14i2.1325>
- Tanto, T. A., & Riswanto, R. (2022). Kajian suhu permukaan laut (SPL) menggunakan analisis deret waktu di perairan Laut Banda. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 15(3), 270–279. <https://doi.org/10.21107/jk.v15i3.14386>
- Williams, Z., Soto Calvo, M., Lee, H. S., Aljber, M., & Jeong, J.-S. (2025). A low-cost autonomous multi-functional buoy for ocean currents and seawater parameter monitoring, and particle tracking. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(9), 1629. <https://doi.org/10.3390/jmse13091629>