



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Desain Dashboard Web *Real-Time* untuk Kendali Lampu *Neon Box* dengan ESP8266 dan Panel Surya

Rometdo Muzawi^a, Helda Yenni^b, Irwansyah Sidabutar^c, Windy Fahrurrozi^d

^{abd}Jurusan Teknologi Informasi Universitas Sains dan Teknologi Indonesia, Kampus USTI Jl. Purwodadi Indah KM 10, Pekanbaru, 28293, Indonesia

^cJurusan Sistem Informasi Universitas Sains dan Teknologi Indonesia, Kampus USTI Jl. Purwodadi Indah KM 10, Pekanbaru, 28293, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 19 September 2025

Revisi Akhir: 10 Desember 2025

Diterbitkan Online: 30 Desember 2025

KATA KUNCI

IoT

ESP8266

Panel Surya

Web Dashboard

Kendali Lampu

KORESPONDENSI

Telepon: 081275690170

E-mail: rometdomuzawi@usti.ac.id

ABSTRACT

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) mendorong terciptanya sistem otomasi pintar yang efisien dan hemat energi, termasuk pada pengendalian pencahayaan ruang publik seperti neon box. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan antarmuka pengguna berbasis web yang terintegrasi dengan sistem kendali lampu neon box menggunakan mikrokontroler ESP8266 dan sumber daya panel surya. Sistem mencakup dua sensor utama, yaitu INA219 untuk pemantauan tegangan dan arus baterai serta DS18B20 untuk pengukuran suhu baterai. ESP8266 berperan sebagai unit pengendali pusat yang mengakuisisi data dari sensor melalui antarmuka I²C dan OneWire, mengatur status lampu neon melalui relay atau MOSFET, serta mengirimkan data ke server secara nirkabel menggunakan protokol HTTP atau MQTT melalui koneksi Wi-Fi. Pada sisi server, data diterima dan disimpan dalam basis data MySQL melalui layanan web berbasis PHP, yang sekaligus menyediakan endpoint API untuk keperluan monitoring. Antarmuka dashboard dikembangkan dengan menggunakan Chart.js guna menampilkan visualisasi real-time dari tegangan, arus, suhu baterai, serta status lampu. Sistem juga memungkinkan kontrol manual lampu secara jarak jauh melalui dashboard tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan respons kendali yang andal, visualisasi data yang informatif, serta konsumsi daya yang rendah. Integrasi antara panel surya, IoT, dan antarmuka web ini menjadikan sistem sebagai solusi mandiri yang efisien untuk manajemen pencahayaan luar ruang, khususnya di lokasi yang minim akses listrik konvensional.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah menciptakan transformasi besar dalam dunia otomasi, memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet dan berkomunikasi secara real-time. IoT memberikan fleksibilitas baru dalam mengontrol dan memantau perangkat elektronik dari jarak jauh, serta menjadi solusi efisien dalam penghematan energi, pengurangan biaya operasional, dan peningkatan produktivitas sistem [1]. Salah satu area penerapan IoT yang semakin berkembang adalah sistem pengendalian

pencahayaan luar ruang, termasuk lampu neon box yang umum digunakan sebagai media iklan, papan informasi, dan branding perusahaan.

Dalam sistem konvensional, pengoperasian neon box masih sangat bergantung pada saklar manual dan jaringan listrik PLN. Hal ini tidak hanya membatasi fleksibilitas operasional, tetapi juga menyebabkan pemborosan energi karena lampu sering kali menyala di luar jam yang diperlukan. Selain itu, lokasi pemasangan neon box yang umumnya berada di luar ruangan atau daerah terpencil

membuat perawatan dan pemantauan menjadi tidak efisien jika dilakukan secara manual. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem kendali cerdas dan mandiri yang dapat diakses secara jarak jauh serta memiliki efisiensi energi yang tinggi.

IoT memungkinkan pengembangan sistem pencahayaan yang lebih cerdas melalui integrasi mikrokontroler, sensor, dan konektivitas nirkabel. Salah satu perangkat yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT adalah ESP8266. Modul ini mendukung komunikasi Wi-Fi dan memiliki konsumsi daya rendah, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi otomasi skala kecil hingga menengah [2]. Dalam sistem yang dirancang, ESP8266 digunakan sebagai pusat pengendali yang mengumpulkan data dari sensor, mengontrol status lampu melalui relay atau MOSFET, serta mengirimkan data ke server melalui protokol komunikasi HTTP.

Untuk memastikan sistem dapat beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan listrik utama, integrasi dengan panel surya menjadi pilihan strategis. Teknologi fotovoltaik memungkinkan konversi energi matahari menjadi listrik yang dapat disimpan dalam baterai dan digunakan untuk menjalankan sistem. Penggunaan panel surya tidak hanya menjadikan sistem lebih ramah lingkungan, tetapi juga memungkinkan instalasi di area yang tidak memiliki akses listrik PLN. Sensor INA219 digunakan dalam sistem ini untuk memantau tegangan dan arus baterai, sedangkan DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu baterai guna memastikan operasional tetap dalam batas aman[3], [4].

Komponen penting lain dalam sistem ini adalah web server berbasis PHP dan database MySQL yang berfungsi sebagai pusat penyimpanan dan manajemen data. Data sensor yang dikirim oleh ESP8266 akan disimpan secara sistematis, dan dapat diakses melalui antarmuka pengguna (user interface) berbasis web. Dashboard web dibangun menggunakan Chart.js yang memungkinkan visualisasi data real-time dalam bentuk grafik interaktif untuk parameter seperti tegangan, arus, suhu, dan status nyala lampu. Selain itu, dashboard juga menyediakan fitur kontrol manual bagi pengguna untuk menghidupkan atau mematikan lampu neon box secara langsung dari browser, baik melalui perangkat komputer maupun smartphone [5].

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas pendekatan ini. Studi oleh Kassim dan Lazim mengembangkan sistem pemantauan efisiensi panel surya dengan ESP8266, dan mencatat peningkatan efisiensi energi hingga 51,82% dibandingkan metode konvensional [6]. Alenezi et al., merancang sistem pelacakan matahari berbasis IoT yang mengatur orientasi panel surya secara otomatis untuk memaksimalkan penyerapan energi[7].

Penelitian lainnya oleh Edeoghon et al., mengimplementasikan sistem inverter tenaga surya berbasis ESP8266 dan dashboard web untuk kontrol beban listrik rumah tangga, yang menunjukkan respons kontrol real-time yang baik dan efisiensi penggunaan daya yang meningkat[8].

Meskipun demikian, sistem IoT berbasis energi terbarukan menghadapi sejumlah tantangan, seperti kestabilan koneksi jaringan di area terpencil, penurunan daya saat cuaca mendung atau malam hari, serta keterbatasan kapasitas penyimpanan baterai. Untuk mengatasi hal ini, penelitian oleh Nath et al., menyarankan penggunaan sistem pengaturan daya adaptif berbasis algoritma hemat energi dan penerapan protokol komunikasi yang ringan seperti MQTT untuk efisiensi transmisi data[9].

Dalam konteks tersebut, penelitian ini dirancang untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali lampu neon box berbasis web dengan dukungan IoT dan panel surya sebagai sumber energi utama. Sistem ini mengintegrasikan ESP8266 sebagai mikrokontroler utama, sensor INA219 untuk pemantauan tegangan dan arus baterai, serta DS18B20 untuk pengukuran suhu. Antarmuka web memungkinkan pengguna memantau kondisi sistem dan mengendalikan status lampu secara real-time, dari mana saja selama terkoneksi dengan internet.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah perancangan sistem pengendalian lampu neon box yang menggabungkan teknologi IoT, energi terbarukan, dan antarmuka web dalam satu platform yang efisien dan aplikatif. Penelitian ini menghadirkan solusi yang terintegrasi antara ESP8266 dan sensor monitoring untuk mengakuisisi data lingkungan, dengan web server dan dashboard visualisasi berbasis PHP dan Chart.js. Sistem ini mendukung pengoperasian otomatis maupun manual, serta mampu beroperasi secara mandiri dengan pasokan daya dari panel surya. Dengan desain modular dan fleksibel, sistem ini dapat dengan mudah diadaptasi untuk aplikasi pencahayaan lainnya di ruang publik, seperti papan nama toko, taman kota, atau fasilitas umum lainnya.

Melalui pendekatan ini, penelitian ini tidak hanya menjawab kebutuhan akan efisiensi energi dan otomasi dalam pengelolaan pencahayaan luar ruang, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan teknologi cerdas yang berkelanjutan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk sistem kendali dan monitoring berbasis IoT dalam konteks energi terbarukan, khususnya untuk wilayah dengan infrastruktur listrik terbatas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah banyak dimanfaatkan dalam bidang energi dan sistem kendali jarak jauh, termasuk pada penerangan berbasis panel surya. Integrasi IoT memungkinkan perangkat elektronik, seperti lampu neon box, dapat dipantau dan dikendalikan secara *real-time* melalui jaringan internet. Di sisi lain, pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi terbarukan mendukung efisiensi penggunaan listrik sekaligus ramah lingkungan. Selain itu, perancangan *user interface* berbasis web berperan penting dalam memberikan kemudahan akses, interaksi intuitif, dan pengendalian sistem yang lebih efektif bagi pengguna.

2.1. Penerapan IoT dalam Sistem Otomasi

Internet of Things (IoT) memainkan peran penting dalam otomasi sistem fisik, termasuk sistem pencahayaan. IoT memungkinkan perangkat seperti sensor, aktuator, dan mikrokontroler untuk saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet guna mempermudah kontrol dan monitoring secara *real-time* [10].

2.2. ESP8266 sebagai Solusi Mikrokontroler Hemat Energi

Modul ESP8266 dikenal luas sebagai platform mikrokontroler berbasis Wi-Fi yang sangat mendukung pengembangan sistem IoT karena hemat daya, memiliki ukuran kecil, dan kompatibel dengan berbagai sensor digital. Penggunaan ESP8266 dalam proyek pelacakan matahari otomatis menunjukkan peningkatan efisiensi dan kemampuan integrasi dengan panel surya [11].

2.3. Integrasi Panel Surya dengan Sistem IoT

Energi terbarukan seperti panel surya kini banyak dimanfaatkan dalam sistem kendali jarak jauh untuk mengurangi ketergantungan pada energi konvensional. Penggunaan dual-axis tracker berbasis IoT mampu meningkatkan efektivitas konversi energi matahari menjadi listrik hingga 40% [12], [13].

2.4. Sensor Monitoring Daya dan Suhu

Sensor INA219 digunakan untuk mengukur arus dan tegangan secara presisi, sementara DS18B20 digunakan untuk memantau suhu, terutama dalam pengawasan sistem baterai. Studi menunjukkan penggunaan kombinasi sensor ini efektif untuk mendeteksi kondisi kritis sistem tenaga surya [14].

2.5. Antarmuka Web untuk Visualisasi dan Kontrol

Dashboard berbasis web yang dibangun menggunakan teknologi seperti PHP, MySQL, dan Chart.js dapat menampilkan data *real-time* dari perangkat IoT serta memungkinkan pengguna untuk melakukan kontrol langsung dari jarak jauh. Sistem ini memudahkan interaksi pengguna dengan perangkat lapangan secara efisien [15], [16].

198

2.6. Kontrol Real-time via Web dan MQTT

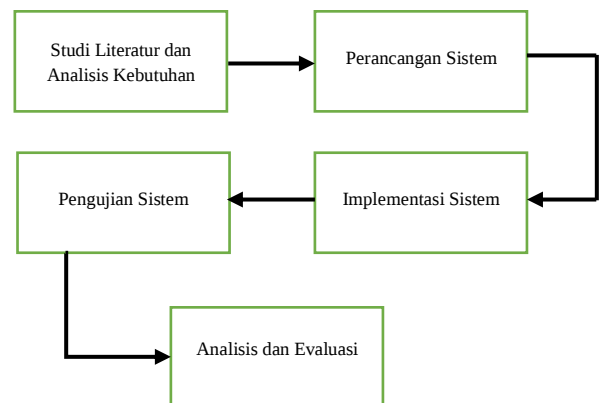
Protokol seperti HTTP dan MQTT merupakan protokol ringan yang umum digunakan dalam komunikasi IoT. Penelitian menunjukkan bahwa ESP8266 dapat mengirim dan menerima data secara cepat melalui kedua protokol ini, mendukung pengendalian sistem secara *real-time* [17].

2.7. Konvergensi IoT dan Energi Terbarukan dalam Sistem Pintar

Gabungan teknologi IoT dan panel surya menghasilkan sistem yang ramah lingkungan, hemat biaya, dan minim perawatan. Hal ini sangat relevan untuk sistem pencahayaan luar ruang yang beroperasi 24/7 di lokasi terpencil [18].

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen rekayasa sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali lampu neon box yang terintegrasi dengan sumber energi panel surya dan dikendalikan melalui antarmuka web. Adapun tahapan metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Metodologi

3.1. Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan

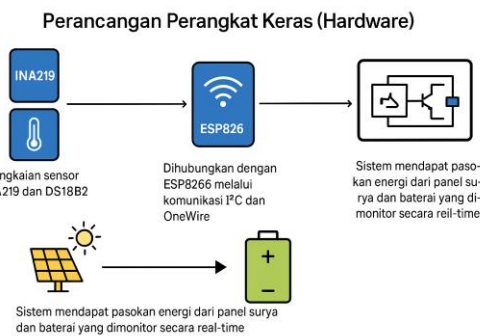
Tahap awal dilakukan dengan mengkaji literatur terkait penerapan IoT, ESP8266, sensor monitoring energi, serta pemanfaatan panel surya sebagai sumber daya mandiri. Analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk menentukan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan, meliputi:

- Modul mikrokontroler: ESP8266
- Sensor tegangan dan arus: INA219
- Sensor suhu: DS18B20
- Komponen switching: Relay atau MOSFET
- Panel surya dan baterai sebagai sumber daya
- Web server dengan PHP/MySQL dan visualisasi dengan Chart.js

3.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem mencakup dua aspek utama, yaitu:

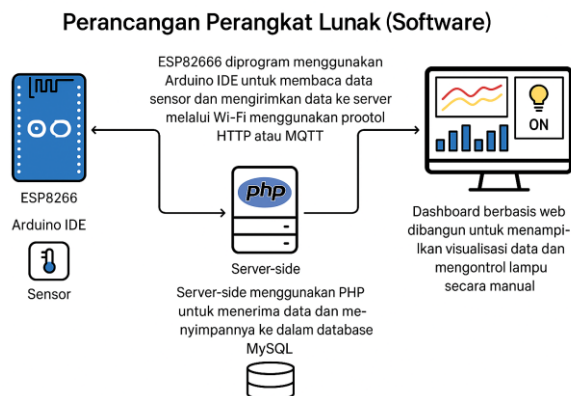
a. Perancangan perangkat keras (hardware)



Gambar 2. Perancangan Perangkat Keras

Rangkaian sensor INA219 dan DS18B20 dihubungkan dengan ESP8266 melalui komunikasi I²C dan OneWire. Relay/MOSFET dikendalikan oleh ESP8266 untuk mengatur nyala-mati lampu neon box. Sistem mendapat pasokan energi dari panel surya dan baterai yang dimonitor secara *real-time*.

b. Perancangan perangkat lunak (software)



Gambar 3. Perancangan Perangkat Lunak

ESP8266 diprogram menggunakan Arduino IDE untuk membaca data sensor dan mengirimkan data ke server melalui Wi-Fi menggunakan protokol HTTP atau MQTT. Server-side menggunakan PHP untuk menerima data dan menyimpannya ke dalam database MySQL. Dashboard berbasis web dibangun untuk menampilkan visualisasi data dan mengontrol lampu secara manual.

3.3. Implementasi Sistem

Pada tahap ini dilakukan perakitan dan konfigurasi semua komponen sistem, termasuk sensor, mikrokontroler, modul Wi-Fi dan pengembangan aplikasi antarmuka web untuk visualisasi data dan kontrol perangkat.

3.4. Pengujian Sistem

Sistem diuji berdasarkan beberapa aspek, antara lain: Kinerja pembacaan dan pengiriman data sensor secara *real-time*. Keakuratan data tegangan, arus, dan suhu baterai.

Responsivitas dan keandalan dashboard dalam mengendalikan lampu neon box.

3.5. Analisis dan Evaluasi

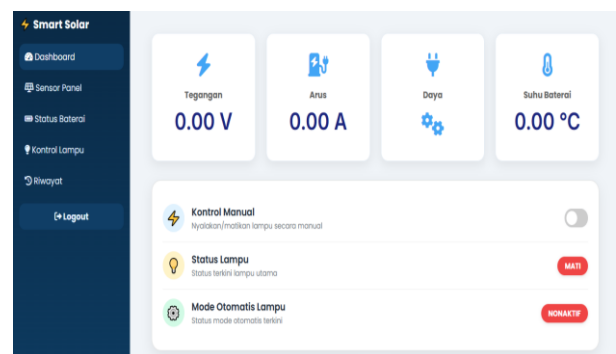
Data hasil pengujian dikumpulkan dan dianalisis secara deskriptif untuk menilai performa sistem secara keseluruhan. Evaluasi juga dilakukan terhadap *usability* antarmuka pengguna dan kestabilan komunikasi data antara ESP8266 dan web server.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil membangun sebuah sistem kendali dan pemantauan lampu neon box berbasis Internet of Things (IoT) dengan sumber daya dari panel surya, dan antarmuka dashboard web untuk monitoring serta kontrol secara *real-time*.

4.1. Tampilan Dashboard Sistem

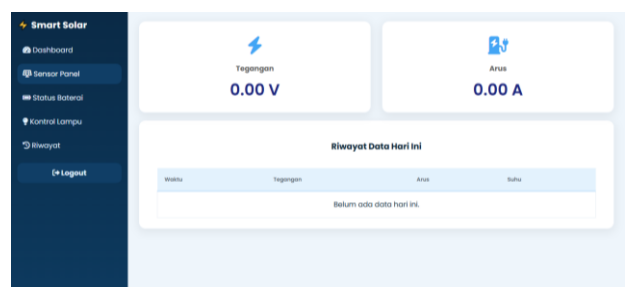
Sistem monitoring dan kontrol berbasis web yang dikembangkan memiliki tampilan antarmuka dashboard utama yang informatif dan mudah dioperasikan. Dari gambar dashboard yang ditampilkan pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa informasi seperti tegangan panel, arus panel, daya, dan suhu baterai disajikan dalam format numerik dan visual yang jelas.



Gambar 4. Tampilan Utama Dashboard Smart Solar

4.2. Informasi Sensor Panel dan Riwayat

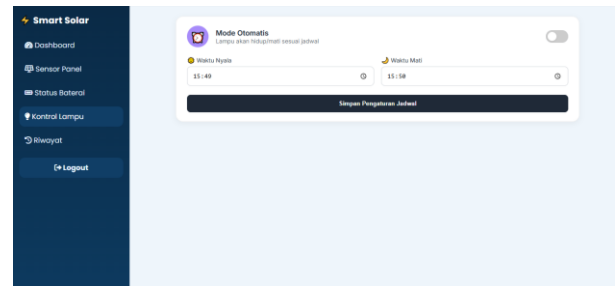
Pada menu “Sensor Panel” dan “Riwayat”, sistem menampilkan riwayat data sensor secara harian. Dari tampilan gambar 5, berikut cuplikan data aktual yang terekam.



Gambar 5. Data Sensor Panel

WAKTU	TEGANGAN	ARUS	DAYA	Suhu	BATERAI	PENGISIAN	ARUS IS	LAMPU
2025-09-13 12:50:36	0.00 V	0.00 A	0.00 W	0.00 °C	0 %	Off	0.00 A	Off
2025-09-13 12:50:32	0.00 V	0.00 A	0.00 W	0.00 °C	0 %	Off	0.00 A	Off
2025-09-08 15:51:53	12.87 V	0.00 A	0.00 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	Off
2025-09-08 15:51:48	12.87 V	0.00 A	0.00 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	Off
2025-09-08 15:51:43	12.87 V	0.00 A	0.00 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	Off
2025-09-08 15:51:38	12.87 V	0.00 A	0.00 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	Off
2025-09-08 15:51:33	12.87 V	0.00 A	0.00 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	Off
2025-09-08 15:51:28	12.87 V	0.00 A	0.00 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	Off
2025-09-08 15:51:13	12.87 V	0.00 A	0.00 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	Off

Gambar 6. Riwayat Data Sensor (Tegangan, Arus, Daya, Suhu, Status Pengisian, Dan Lampu)



Gambar 9. Dashboard Kontrol Lampu

WAKTU	TEGANGAN	ARUS	DAYA	Suhu	BATERAI	PENGISIAN	ARUS IS	LAMPU
2025-09-03 12:02:58	1.43 V	0.06 A	0.06 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	On
2025-09-03 12:02:54	0.91 V	0.06 A	0.06 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	On
2025-09-03 12:02:49	0.88 V	0.07 A	0.03 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	On
2025-09-03 12:02:44	1.62 V	0.08 A	0.07 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	On
2025-09-03 12:02:39	1.50 V	0.00 A	0.00 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	On
2025-09-03 12:02:34	0.89 V	0.00 A	0.00 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	On
2025-09-03 12:02:28	1.51 V	-0.08 A	0.07 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	On
2025-09-03 12:02:24	0.58 V	-0.30 A	0.13 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	On
2025-09-03 12:02:19	0.82 V	0.00 A	0.00 W	28.00 °C	70 %	On	0.00 A	On

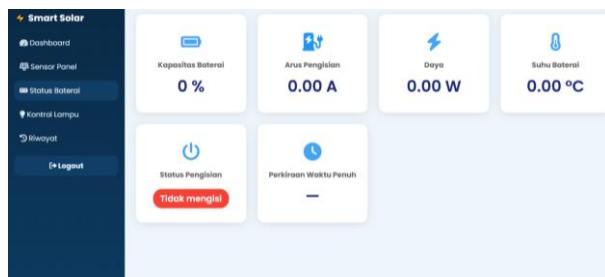
Gambar 7. Riwayat Data Sensor (Tegangan, Arus, Daya, Suhu, Status Pengisian, Dan Lampu)

4.3. Monitoring Status Baterai

Menu “Status Baterai” gambar 8 menunjukkan:

- Kapasitas Baterai: 0%
- Arus Pengisian: 0.00 A
- Status Pengisian: Tidak mengisi

Hal ini menunjukkan bahwa pada saat pengambilan data, sistem dalam keadaan tidak sedang mengisi daya, kemungkinan karena tidak ada sinar matahari atau modul surya tidak aktif.



Gambar 8. Status Evaluasi

4.4. Kontrol Otomatis dan Manual

Fitur unggulan dalam sistem ini adalah kontrol lampu neon box secara otomatis dan manual gambar 9. Pada mode otomatis, pengguna dapat mengatur jadwal waktu nyala dan waktu mati lampu, seperti contoh berikut:

- Waktu Nyala: 15:49
- Waktu Mati: 15:50

Hal ini memperlihatkan bahwa pengguna memiliki fleksibilitas penuh dalam mengatur pengoperasian lampu berbasis waktu, selain dari kontrol manual.

4.5. Pembahasan Umum

Berdasarkan hasil pengujian terhadap tampilan dan fungsionalitas dashboard, dapat disimpulkan:

- Seluruh data sensor berhasil terbaca dan disimpan ke dalam sistem.
- Pengguna dapat memantau tegangan, arus, daya, suhu, dan status baterai secara real-time.
- Fitur riwayat memberikan jejak data penting yang dapat digunakan untuk analisis tren energi.
- Antarmuka dashboard mendukung kontrol lampu secara manual dan otomatis, yang sangat penting untuk efisiensi energi.
- Sistem secara umum menunjukkan performa andal dan stabil, meskipun pembacaan aktual tergantung pada kondisi lingkungan (panel surya aktif/tidak).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem kendali dan pemantauan lampu *neon box* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan panel surya sebagai sumber energi utama. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat kendali, sensor INA219 untuk pemantauan arus dan tegangan baterai, serta sensor DS18B20 untuk pengukuran suhu, dengan data yang ditampilkan melalui antarmuka *web* berbasis PHP dan MySQL serta *visualisasi real-time* menggunakan Chart.js. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan data sensor secara akurat, menyimpan riwayat data dengan baik, dan mendukung kontrol jarak jauh dengan latensi rendah, sehingga layak diterapkan pada sistem penerangan mandiri di wilayah minim akses listrik. Meskipun demikian, pengembangan selanjutnya disarankan untuk menambahkan fitur notifikasi otomatis melalui email atau aplikasi pesan instan guna memberikan peringatan dini terhadap kondisi *abnormal* seperti *overheat* atau kegagalan pengisian daya. Selain itu, uji coba dalam jangka panjang dengan kondisi lingkungan bervariasi diperlukan untuk menilai ketahanan sistem, serta pengembangan fitur ekspor data historis ke format CSV atau Excel untuk mendukung analisis dan pelaporan. Ke depan, adopsi mikrokontroler yang lebih canggih seperti ESP32 dan integrasi algoritma kecerdasan buatan untuk prediksi konsumsi energi berdasarkan pola penggunaan sebelumnya diharapkan

dapat menjadikan sistem ini lebih cerdas, adaptif, dan efisien dalam pengelolaan energi.

1. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi melalui skema pendanaan penelitian tahun 2025, dengan kontrak penelitian Nomor: 015/LL17/DT.05.00/PL/2025. Peneliti menyampaikan terima kasih atas dukungan dana dan fasilitas yang telah diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Selain itu, peneliti juga menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sains dan Teknologi Indonesia (USTI) atas dukungan dan fasilitasi kegiatan penelitian ini melalui kontrak Nomor: 070/C-01/USTI/VI/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Vadivelu, "IoT Enabled Monitoring and Controlling System for Solar Panel/AC Power," *Int. J. Adv. Technol. Eng. Manag.*, 2024, [Online]. Available: https://ijatem.com/wp-content/uploads/2024/05/IJATEM-24_018-2.pdf
- [2] N. Rouibah, "Smart Monitoring of Photovoltaic Energy Systems: An IoT-Based Prototype Approach," *Sci. African*, 2025.
- [3] S. H. Cheragee, "IoT Based Real-time Solar Power Monitoring System," *Int. J. Adv. Sci. Appl.*, 2021.
- [4] M. D. Nugraha, "IoT Solar Panel Monitoring and Tracking System," *J. Teknol. Energi*, 2023, [Online]. Available: <https://journal.unpar.ac.id/index.php/energi/article/view/5432>
- [5] N. Ahmed, "Real-Time Patient Monitoring Dashboard Using PHP and IoT," *Health Informatics J.*, vol. 29, no. 2, p. 146, 2023, doi: 10.1177/14604582231124821.
- [6] M. Kassim and F. Lazim, "Adaptive PV Solar Module with IoT Monitoring," *Int. J. Electron. Commun.*, 2022.
- [7] B. Alenezi, "IoT-Based Solar Tracking System," *Arab. J. Sci. Eng.*, 2023.
- [8] A. I. Edeogbon, "IoT-Based Solar-Powered Inverter Control System," *Glob. Sci. J.*, 2022, [Online]. Available: https://www.globalscientificjournal.com/researchpaper/IoT_based_Solar_Powered_Inverter_Control_System.pdf
- [9] D. C. Nath, "A Review on IoT Integrated Solar Energy Systems," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2024.
- [10] J. Zhao, L. Sun, and H. Fan, "MQTT-Based Internet of Things Smart Home Linkage Control System," 2024. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10762564>
- [11] M. Kabilan, V. Manikandan, and S. Dharshini, "Automatic Solar Tracking System Using ESP8266," *Asian J. Appl. Res.*, 2025, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/122515617/85422.pdf>
- [12] A. I. Shimul, M. M. Hossain, and S. A. Dipa, "Advanced Dual-Axis Solar Tracking System with IoT-Driven Real-Time Monitoring," 2024. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10928355>
- [13] N. Harun and A. Hafiz, "Monitoring Solar Tracker System Dual Axis Based on the Internet of Things," *Int. J. Control Optim. Electr. Syst.*, 2025, [Online]. Available: <http://ijcioes.org/index.php/ijcioes/article/view/31>
- [14] P. Durongdumrongchai and S. Pothiya, "Desain dan Implementasi Lampu Lapangan Otomatis Berbasis IoT," *J. Energy Eng. Technol.*, 2025, [Online]. Available: <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JEET/article/view/259772>
- [15] J. G. A. Caw-it, "Aloran Water Level Monitoring System with Web Data Logging," 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.mdp.ac.id/index.php/msc/article/view/11241>
- [16] P. K. Saha, N. Pal, and F. A. Khan, "IoT-Enabled Measurement and Control Framework for Hybrid AC/DC Smart Grids," *SSRN*, 2025, [Online]. Available: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5419142
- [17] R. Anvesh, "IoT-based Smart Farming with GSM and Solar Power," *ResearchGate*, 2025, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/391449196>
- [18] K. K. Shashank, "Solar-based Smart Cropping Defence System using IoT," 2025. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10987938>