

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Gerobak UMKM Berbasis *Internet Of Things* (IoT)

Nova Ardila¹, Jefri Lianda², Hikmatul Amri³, Adam⁴, Khairudinsyah⁵

¹²³⁴⁵Politeknik Negeri Bengkalis, Riau, Indonesia

*Corresponding author: novaardila27@gmail.com

Abstrak: Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) merupakan salah satu upaya untuk menyediakan sumber energi listrik yang mandiri, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem PLTS pada gerobak UMKM berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu menyuplai kebutuhan energi listrik sekaligus melakukan monitoring parameter kelistrikan secara real-time. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen melalui tahapan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, perakitan sistem, serta pengujian kinerja. Sistem terdiri atas panel surya, solar charge controller, baterai, inverter, sensor tegangan dan arus, serta mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang berfungsi mengirimkan data monitoring ke platform IoT. Pengujian dilakukan pada pukul 08.00–17.00 WIB untuk mengamati perubahan tegangan, arus, dan suhu panel surya berdasarkan intensitas radiasi matahari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan panel surya meningkat secara bertahap hingga mencapai nilai maksimum sebesar 20,0 V pada pukul 12.00 WIB, kemudian menurun seiring berkurangnya intensitas cahaya matahari pada sore hari. Sistem Battery Charge Regulator (BCR) mampu mempertahankan tegangan keluaran yang relatif stabil meskipun terjadi fluktuasi pada tegangan masukan dari panel surya. Selain itu, sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) berhasil menampilkan data tegangan, arus, dan suhu secara akurat, kontinu, dan real-time melalui antarmuka monitoring sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi sistem dari jarak jauh. Berdasarkan hasil tersebut, sistem PLTS berbasis IoT yang dirancang mampu bekerja dengan baik dan efektif sebagai sumber energi listrik mandiri serta mendukung pengelolaan operasional gerobak UMKM secara lebih efisien.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Gerobak UMKM, Internet of Things (IoT), monitoring real-time, Panel Surya.

Abstract: The utilization of Solar Power Plants (PLTS) for micro, small, and medium enterprises (MSMEs) is an effective solution to provide an independent, environmentally friendly, and sustainable electrical energy source. This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based solar power system for MSME carts that is capable of supplying electrical energy while providing real-time monitoring of electrical parameters. An experimental method was employed through hardware and software design, system assembly, and performance testing. The proposed system consists of a solar panel, solar charge controller, battery, inverter, voltage and current sensors, and a NodeMCU ESP8266 microcontroller for transmitting monitoring data to an IoT platform. System testing was conducted from 08:00 to 17:00 to evaluate variations in voltage, current, and panel temperature under different levels of solar radiation. The results indicate that the solar panel voltage gradually increased and reached a maximum value of 20.0 V at 12:00, before decreasing as solar radiation declined in the afternoon. The Battery Charge Regulator (BCR) maintained a relatively stable output voltage despite fluctuations in the input voltage from the solar panel. Furthermore, the IoT-based monitoring system successfully displayed voltage, current, and temperature data accurately, continuously, and in real time through a monitoring interface, enabling users to monitor system performance remotely. These findings demonstrate that the proposed IoT-based solar power system operates effectively as an independent energy source and supports more efficient energy management for MSME carts.

Keywords: Solar Power Plant (PLTS), MSME Cart, Internet of Things (IoT), Real-Time Monitoring, Solar Panel.

Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik terus mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan teknologi, pertumbuhan ekonomi, dan aktivitas masyarakat. Di sisi lain, penggunaan energi berbasis bahan bakar fosil masih mendominasi sehingga menimbulkan berbagai permasalahan,

seperti meningkatnya emisi gas rumah kaca dan menurunnya ketersediaan sumber energi tak terbarukan. Oleh karena itu, pemanfaatan energi baru terbarukan menjadi salah satu solusi untuk mewujudkan sistem energi yang berkelanjutan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah energi surya yang dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Selain ramah lingkungan, PLTS juga mampu menyediakan energi listrik secara mandiri pada daerah maupun sektor usaha yang memiliki keterbatasan akses terhadap jaringan listrik (Boyle, 2012; International Renewable Energy Agency, 2023; International Energy Agency, 2024).

Salah satu sektor yang berpotensi memanfaatkan teknologi PLTS adalah Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), khususnya gerobak usaha yang memerlukan sumber energi untuk mengoperasikan lampu penerangan, kipas angin, pengisi daya telepon genggam, maupun peralatan elektronik lainnya. Penggunaan PLTS pada gerobak UMKM dapat meningkatkan mobilitas usaha tanpa bergantung pada jaringan listrik PLN sehingga biaya operasional dapat ditekan dan penggunaan energi menjadi lebih efisien. Dengan perkembangan teknologi fotovoltaik yang semakin baik, sistem PLTS kini mampu menghasilkan energi listrik yang stabil apabila dirancang sesuai karakteristik panel surya dan sistem penyimpanan energi yang digunakan (Markvart & Castañer, 2003; Parida et al., 2011).

Kinerja suatu sistem PLTS dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti intensitas radiasi matahari, suhu permukaan panel, orientasi pemasangan panel, serta efisiensi komponen pendukung seperti solar charge controller, baterai, dan inverter. Intensitas cahaya matahari yang tinggi umumnya meningkatkan keluaran energi listrik panel surya, sedangkan kenaikan suhu panel dapat menurunkan efisiensi konversi energi akibat perubahan karakteristik material semikonduktor. Oleh karena itu, pemantauan parameter seperti tegangan, arus, daya, dan suhu panel menjadi aspek penting untuk mengetahui kondisi operasional serta performa sistem PLTS secara menyeluruh (Markvart & Castañer, 2003; Mellit & Kalogirou, 2008; Parida et al., 2011).

Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan rancang bangun sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada gerobak UMKM berbasis Internet of Things (IoT). Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, perakitan sistem, serta implementasi alat. Perangkat keras yang digunakan terdiri atas panel surya, Battery Charge Regulator (BCR), baterai, inverter, sensor tegangan, sensor arus, dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pengolahan data. Perangkat lunak dirancang untuk membaca data sensor dan mengirimkannya ke platform monitoring sehingga parameter

kelistrikan dapat ditampilkan secara real-time. Tahapan perancangan sistem ini mengacu pada penelitian Alfarizi et al. (2023).

Tahap selanjutnya adalah pengujian sistem dengan mengoperasikan PLTS pada gerobak UMKM mulai pukul 08.00 hingga 17.00 WIB. Parameter yang diamati meliputi tegangan panel surya, tegangan input dan output Battery Charge Regulator (BCR), arus, dan suhu panel surya. Data hasil pengukuran ditampilkan pada LCD serta dikirim melalui jaringan internet sehingga dapat dipantau secara real-time. Selanjutnya, data dianalisis secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik untuk mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan perubahan parameter kelistrikan selama pengujian. Proses monitoring dan pengolahan data mengacu pada penelitian Wibowo et al. (2024).

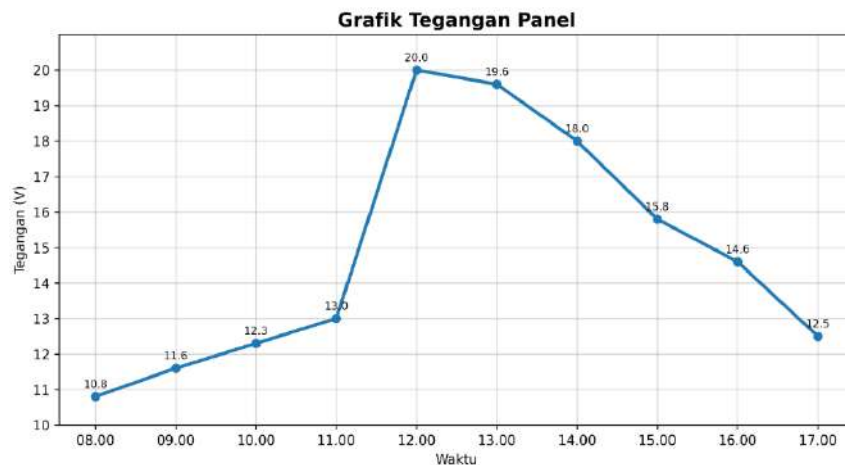
Data hasil pengukuran selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui kinerja sistem PLTS berbasis Internet of Things (IoT) pada gerobak UMKM. Analisis dilakukan dengan menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik guna memperjelas tren perubahan tegangan, arus, dan suhu panel surya terhadap waktu pengujian. Selain itu, data monitoring yang ditampilkan secara real-time juga digunakan untuk mengevaluasi kestabilan sistem selama beroperasi. Hasil analisis ini digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai performa sistem PLTS yang dirancang serta efektivitas sistem monitoring berbasis IoT dalam mendukung pengawasan dan pengelolaan energi listrik secara efisien.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian sistem PLTS pada gerobak UMKM berbasis Internet of Things (IoT) dilakukan pada tanggal 8 Januari 2026 di lingkungan Politeknik Negeri Bengkalis. Data diambil selama periode pengujian dari pukul 08.00 hingga 17.00 WIB untuk memperoleh variasi kondisi intensitas radiasi matahari sepanjang hari. Parameter yang diukur meliputi tegangan panel (V), arus (A), serta suhu permukaan panel surya (°C). Selain itu, dilakukan juga pengukuran pada sisi input dan output Battery Charge Regulator (BCR) untuk mengetahui kestabilan sistem pengisian baterai.

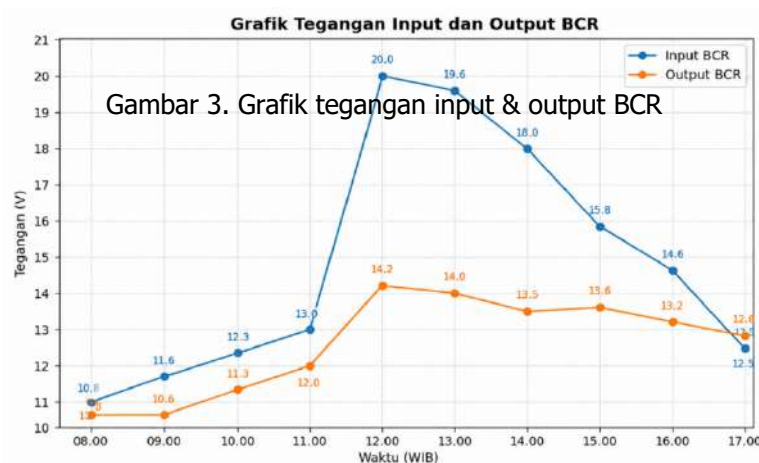
Tabel 1. Perbandingan Kinerja Panel Surya Terhadap perubahan waktu

Waktu	Tegangan panel	Input BCR (V)	Output BCR (V)	Arus (A)	Suhu (C)
08.00	10.8	10.8	10.6	1.1	32.6
09.00	11.6	11.6	11.3	0.7	32.2
10.00	12.3	12.3	12.0	0.6	31.8
11.00	13.0	13.0	12.6	0.5	31.6
12.00	20.0	20.0	14.2	0.4	33.7
13.00	19.6	19.6	14.0	0.3	35.6
14.00	18.0	18.0	13.5	0.2	35.2
15.00	15.8	15.8	13.6	0.1	30.1
16.00	14.6	14.6	13.2	0.05	29.5
17.00	12.5	12.5	12.8	0.01	29.3



Gambar 1. Grafik perbandingan tegangan panel surya

Berdasarkan Gambar 1, tegangan keluaran panel surya menunjukkan pola peningkatan secara bertahap dari pukul 08.00 hingga mencapai nilai maksimum sebesar 20,0 V pada pukul 12.00 WIB. Kondisi ini menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari pada siang hari berada pada tingkat optimal sehingga panel surya mampu menghasilkan tegangan tertinggi. Setelah pukul 12.00 WIB, tegangan mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai 12,5 V pada pukul 17.00 WIB, seiring dengan menurunnya intensitas penyinaran matahari pada sore hari. Pola perubahan tersebut menunjukkan bahwa besarnya tegangan keluaran panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang diterima permukaan panel. Selain dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, perubahan suhu permukaan panel juga dapat memengaruhi karakteristik kerja sel fotovoltaik. Meskipun demikian, berdasarkan hasil pengujian, faktor yang paling dominan memengaruhi perubahan tegangan adalah variasi intensitas penyinaran matahari sepanjang waktu pengamatan. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem PLTS yang dirancang mampu menghasilkan tegangan yang stabil sesuai dengan kondisi lingkungan, sehingga dapat mendukung penyediaan energi listrik secara optimal pada gerobak UMKM berbasis Internet of Things (IoT).

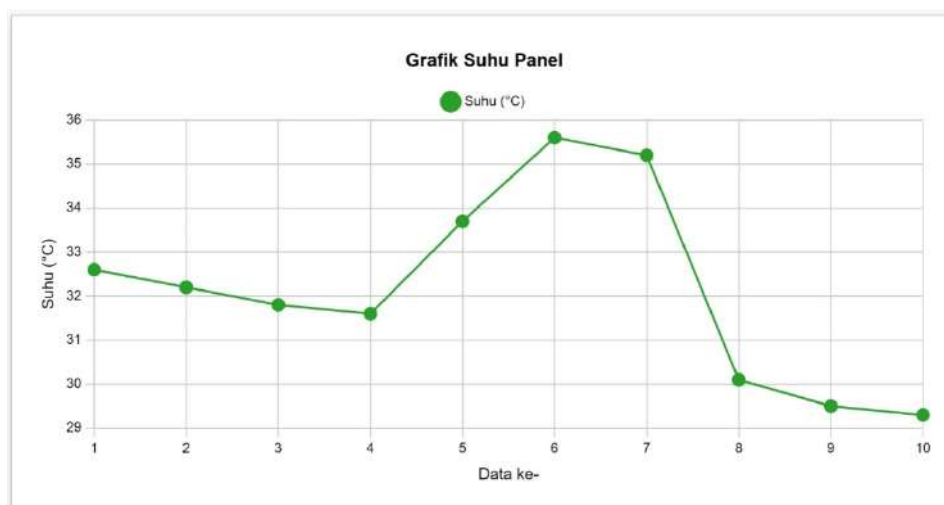


Gambar 3. Grafik tegangan input & output BCR

Gambar 2. Grafik tegangan input dan output Battery Charge Regulator (BCR)

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan input mengalami perubahan yang cukup signifikan mengikuti perubahan intensitas penyinaran matahari. Tegangan input meningkat secara bertahap dari 10,8 V pada pukul 08.00 WIB menjadi 13,0 V pada pukul 11.00 WIB, kemudian mencapai nilai maksimum sebesar 20,0 V pada pukul 12.00 WIB. Setelah itu, tegangan input mengalami penurunan secara bertahap menjadi 19,6 V, 18,0 V, 15,8 V, 14,6 V, hingga mencapai 12,5 V pada pukul 17.00 WIB. Penurunan tersebut terjadi seiring berkurangnya intensitas radiasi matahari pada sore hari sehingga tegangan yang dihasilkan panel surya juga mengalami penurunan. Sementara itu, tegangan output BCR berada pada rentang yang lebih stabil, yaitu antara 10,6 V hingga 14,2 V, meskipun tegangan input mengalami fluktuasi yang cukup besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa Battery Charge Regulator (BCR) mampu menjalankan fungsinya dengan baik sebagai pengatur tegangan sehingga tegangan yang disalurkan ke baterai tetap stabil dan aman. Perbedaan antara tegangan input dan output terjadi karena adanya proses regulasi tegangan serta rugi-rugi daya (losses) pada komponen BCR, namun masih berada dalam batas kerja normal. Kestabilan tegangan output tersebut sangat penting untuk menjaga keamanan, memperpanjang umur baterai, serta meningkatkan keandalan sistem PLTS berbasis Internet of Things (IoT) pada gerobak UMKM sehingga seluruh perangkat dapat beroperasi secara optimal tanpa terganggu oleh fluktuasi tegangan dari panel surya.

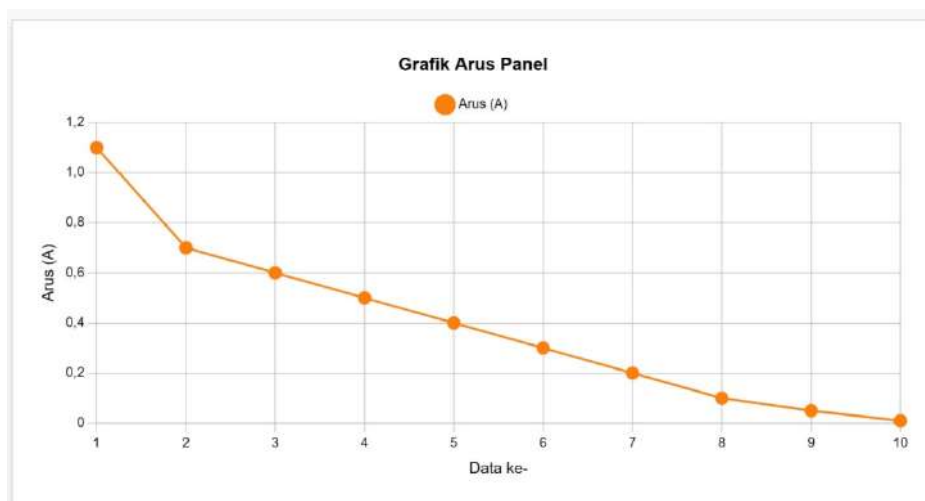
Hasil pengujian ini sejalan dengan penelitian Saxena dan Dutta (2017) yang menyatakan bahwa karakteristik tegangan keluaran panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan suhu operasional panel. Selain itu, Parida et al. (2011) menjelaskan bahwa peningkatan intensitas radiasi matahari akan meningkatkan kemampuan modul fotovoltaik dalam menghasilkan energi listrik, sedangkan Battery Charge Regulator (BCR) berfungsi menjaga kestabilan tegangan keluaran agar proses pengisian baterai berlangsung secara aman dan efisien. Oleh karena itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem PLTS berbasis IoT yang dirancang mampu menghasilkan tegangan keluaran yang stabil meskipun tegangan masukan dari panel surya mengalami perubahan mengikuti kondisi penyinaran matahari sepanjang waktu pengujian.



Gambar 3. Grafik perbandingan Suhu panel surya

Berdasarkan grafik suhu, terlihat bahwa suhu permukaan panel mengalami fluktuasi selama proses pengujian yang dipengaruhi oleh perubahan intensitas radiasi matahari. Pada data ke-1 hingga ke-4, suhu cenderung menurun secara bertahap dari sekitar $32,6^{\circ}\text{C}$ menjadi $31,6^{\circ}\text{C}$, kemudian mengalami peningkatan signifikan mulai data ke-5 hingga mencapai nilai maksimum sebesar $35,6^{\circ}\text{C}$ pada data ke-6, yang mengindikasikan kondisi radiasi matahari berada pada titik tertinggi. Setelah itu, suhu sedikit menurun pada data ke-7 dan selanjutnya mengalami penurunan yang cukup drastis pada data ke-8 hingga ke-10 hingga mencapai sekitar $29,3^{\circ}\text{C}$. Pola perubahan ini menunjukkan bahwa suhu panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, di mana peningkatan radiasi menyebabkan akumulasi panas pada permukaan panel sehingga suhu meningkat, sedangkan penurunan intensitas radiasi pada sore hari mengakibatkan suhu permukaan panel menurun. Kondisi suhu yang tinggi dapat mempengaruhi karakteristik listrik sel fotovoltaik karena material semikonduktor sangat sensitif terhadap perubahan temperatur, sehingga peningkatan suhu berpotensi menurunkan efisiensi konversi energi listrik yang dihasilkan.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa suhu merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kinerja panel surya, di mana suhu maksimum terjadi pada saat intensitas radiasi tinggi dan menurun ketika intensitas cahaya berkurang, sehingga pengendalian suhu menjadi aspek yang perlu diperhatikan untuk menjaga performa sistem PLTS tetap optimal. Kestabilan tegangan keluaran menunjukkan bahwa sistem pengaturan pengisian baterai bekerja dengan baik sesuai prinsip kerja sistem fotovoltaik yang dijelaskan oleh Markvart dan Castaner (2003).



Gambar 4. Grafik perbandingan Daya panel surya

Gambar 4 memperlihatkan grafik arus panel surya, terlihat bahwa nilai arus mengalami penurunan secara bertahap selama proses pengujian. Pada data ke-1, arus berada pada nilai

tertinggi yaitu sekitar 1,1 A, kemudian menurun secara konsisten hingga mencapai nilai terendah mendekati 0 A pada data ke-10. Penurunan arus ini menunjukkan adanya perubahan kondisi lingkungan, khususnya intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya. Pada awal pengujian, arus yang relatif tinggi mengindikasikan bahwa panel menerima energi radiasi yang cukup besar sehingga menghasilkan arus listrik yang optimal. Namun, seiring berjalannya waktu, nilai arus mengalami penurunan yang signifikan, yang dapat disebabkan oleh berkurangnya intensitas cahaya matahari serta peningkatan suhu permukaan panel yang mempengaruhi karakteristik listrik sel fotovoltaik. Selain itu, faktor beban dan kondisi sistem juga dapat berkontribusi terhadap penurunan arus yang dihasilkan. Dengan demikian, grafik ini menunjukkan bahwa arus keluaran panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi radiasi matahari dan faktor lingkungan lainnya, di mana nilai arus cenderung menurun ketika intensitas cahaya berkurang dan kondisi panel tidak optimal, sehingga hal ini berdampak langsung terhadap daya keluaran sistem PLTS secara keseluruhan. Temuan ini juga didukung oleh Mellit dan Kalogirou (2008) yang menyatakan bahwa peningkatan suhu permukaan panel dapat menurunkan efisiensi konversi energi pada modul fotovoltaik.



Gambar 5. Hasil tampilan Sistem Monitoring

Berdasarkan hasil pengujian sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang ditunjukkan pada gambar, sistem mampu melakukan akuisisi, pengolahan, dan visualisasi data parameter kelistrikan panel surya secara real-time dengan baik. Parameter yang dimonitor meliputi tegangan, arus, dan suhu permukaan panel surya yang diperoleh melalui sensor, kemudian diproses oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan dikirimkan ke server melalui jaringan

internet. Data yang diterima selanjutnya ditampilkan dalam bentuk antarmuka aplikasi berbasis mobile secara interaktif, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem dari jarak jauh. Selain itu, grafik yang ditampilkan menunjukkan perubahan nilai tegangan dan suhu secara kontinu sesuai dengan kondisi operasional dan intensitas radiasi matahari. Dengan demikian, sistem monitoring berbasis IoT yang dirancang terbukti mampu bekerja secara akurat, responsif, dan efektif dalam mendukung pemantauan kinerja PLTS pada gerobak UMKM. Penurunan arus yang terjadi selama pengujian juga sesuai dengan hasil penelitian Saxena dan Dutta (2017) yang menjelaskan bahwa perubahan radiasi matahari dan temperatur lingkungan berpengaruh terhadap karakteristik arus keluaran panel surya.

Selama proses pengujian, sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) menunjukkan kinerja yang stabil dalam menampilkan data secara kontinu dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Variasi nilai parameter seperti tegangan, arus, dan suhu yang ditampilkan pada aplikasi sesuai dengan hasil pengukuran langsung di lapangan, sehingga menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang baik. Selain itu, tidak ditemukan adanya keterlambatan (delay) yang signifikan dalam proses pengiriman data, yang mengindikasikan bahwa komunikasi antara perangkat keras berbasis NodeMCU ESP8266 dan server berjalan secara optimal.

Implementasi sistem monitoring berbasis IoT ini memberikan kemudahan dalam proses pengambilan dan pencatatan data secara otomatis serta terintegrasi. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi tegangan, arus, dan suhu panel surya secara real-time tanpa harus berada di lokasi secara langsung. Oleh karena itu, sistem yang dirancang mampu meningkatkan efisiensi dalam proses pengujian serta mendukung analisis kinerja sistem PLTS secara lebih akurat dan sistematis, sehingga relevan untuk diterapkan pada gerobak UMKM berbasis energi terbarukan. Selain itu, konsep dasar penerapan *Internet of Things* dalam sistem monitoring yang memungkinkan pertukaran data secara otomatis melalui jaringan internet sejalan dengan konsep yang diperkenalkan oleh Ashton (2009) dan dikembangkan lebih lanjut oleh Da Xu et al. (2014).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, sistem PLTS berbasis IoT pada gerobak UMKM mampu menyediakan sumber energi listrik secara mandiri dan bekerja dengan baik sesuai kondisi intensitas radiasi matahari. Sistem monitoring yang digunakan juga mampu menampilkan data tegangan, arus, dan daya secara real-time, akurat, dan kontinu. Dengan demikian, sistem ini efektif dalam mendukung kebutuhan energi sekaligus memudahkan pengawasan dan pengelolaan kinerja PLTS.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Laboratorium Simulasi Tenaga Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis dan ucapan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bengkalis yang telah memberikan dukungan finansial pada penelitian ini.

Referensi

- Alfarizi, M., Apriani, Y., Saleh, Z., & Oktaviani, W. A. (2023). Analisis kinerja PLTS 200 WP secara realtime menggunakan Internet of Things (IoT). *Jurnal Surya Energy*, 8(1), 71–76.
- Boyle, G. (2012). *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future* (3rd ed.). Oxford University Press.
- Da Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of Things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243.
- Femia, N., Petrone, G., Spagnuolo, G., & Vitelli, M. (2005). Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 20(4), 963–973.
- International Energy Agency. (2024). *Renewables 2024: Analysis and Forecast to 2030*. International Energy Agency.
- International Renewable Energy Agency. (2023). *Renewable Capacity Statistics 2023*. International Renewable Energy Agency.
- Markvart, T., & Castañer, L. (2003). *Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications*. Elsevier.
- Mellit, A., & Kalogirou, S. A. (2008). Artificial intelligence techniques for photovoltaic applications: A review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34(5), 574–632.
- Parida, B., Iniyan, S., & Goic, R. (2011). A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1625–1636.
- Putra, D. R. R. P., & Joko. (2024). Perancangan alat monitoring kinerja PLTS off-grid berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP32 dan Telegram. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(3), 248–255.
- Sari, L. O., Saputra, M. F. E., & Safrianti, E. (2024). Sistem monitoring arus listrik berbasis Internet of Things (IoT) pada solar panel di Laboratorium PLTS UIN Suska Riau. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1), 205–211.
- Sudewo, M. R., & Solikin, A. (2024). Rancang bangun sistem pembangkit listrik tenaga surya sebagai alat transmisi tegangan beban puncak rumah tangga menggunakan photocell sensor berbasis Internet of Things (IoT). *JE-Unisla*.
- Wibowo, L., Wahyusari, R., Yuwono, T., & Shofia, A. (2024). IoT-based high-accuracy monitoring system for on-grid photovoltaic power system using NodeMCU ESP8266 and PZEM004T. *Journal of Mechatronics, Electrical Power and Vehicular Technology*, 15(2).
- Nugroho, A. M., & Ulinuha, A. (2025). Desain dan implementasi sistem instrumentasi pembangkit listrik tenaga surya terintegrasi jala-jala berbasis Internet of Things. *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*.
- Risnauli, R., Kalsum, T. U., & Mardiana, Y. (2025). Rancang bangun sistem monitoring konsumsi energi listrik pada PLTS berbasis IoT. *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, 9(1).