

## **RANCANG BANGUN SISTEM PENYALUR DAYA LISTRIK TENAGA SURYA OFF-GRID BERBASIS MPPT DAN BMS SEBAGAI LISTRIK MANDIRI ICC JB-007**

Niko Dwi Mardani<sup>1)</sup>, Citra Hudaya<sup>2)</sup>, Mokhammad Syafaat<sup>3)</sup>

<sup>1-3)</sup> Politeknik Angkatan Darat, Desa Pendem, Junrejo, Kota Batu, Jawa Timur-Indonesia, 65324

E - mail : [ndmardani22@gmail.com](mailto:ndmardani22@gmail.com), [citrahudaya2117@gmail.com](mailto:citrahudaya2117@gmail.com),  
[syafaatarh96@poltekad.ac.id](mailto:syafaatarh96@poltekad.ac.id)

### **DESIGN AND BUILD AN OFF-GRID SOLAR POWER DISTRIBUTION SYSTEM BASED ON MPPT AND BMS AS INDEPENDENT ELECTRICITY ICC JB-007**

**Abstract:** Limited access to electrical energy in remote areas requires an efficient and reliable independent power supply system. This research aims to design and implement the ICC-JB007 off-grid solar power distribution system that integrates Maximum Power Point Tracking (MPPT) and Battery Management System (BMS) technology. The main problems that are overcome are the low efficiency of power extraction due to variations in solar irradiation and the risk of battery damage due to overcharging. The system uses the Perturb and Observe (P&O) algorithm on the DC-DC converter to optimize the solar panel's output power in real-time. Simultaneously, BMS is implemented to monitor battery cell parameters to ensure operational safety. The test results show that the MPPT system is capable of achieving tracking efficiency of up to 96.7% in various weather conditions. BMS integration successfully maintains the voltage balance between cells with a deviation of less than 0.05V. Overall, the ICC-JB007 system has proven to be effective as a self-contained electrical solution that has high efficiency and longer battery life.

**Keywords:** MPPT, BMS, Off-Grid, Photovoltaic, ICC-JB007, Energy Efficiency.

**Abstrak:** Keterbatasan akses energi listrik di wilayah terpencil menuntut adanya sistem suplai daya mandiri yang efisien dan andal. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem penyalur daya listrik tenaga surya off-grid ICC-JB007 yang mengintegrasikan teknologi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dan *Battery Management System* (BMS). Permasalahan utama yang diatasi adalah rendahnya efisiensi ekstraksi daya akibat variasi iradiasi matahari serta risiko kerusakan baterai karena pengisian berlebih. Sistem ini menggunakan algoritma *Perturb and Observe* (P&O) pada konverter DC-DC untuk mengoptimalkan daya keluaran panel surya secara *real-time*. Secara simultan, BMS diimplementasikan untuk memantau parameter sel baterai guna menjamin keamanan operasional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem MPPT mampu mencapai efisiensi pelacakan hingga 96,7% dalam berbagai kondisi cuaca. Integrasi BMS berhasil menjaga keseimbangan tegangan antar sel dengan deviasi kurang dari 0,05V. Secara keseluruhan, sistem ICC-JB007 terbukti efektif sebagai solusi listrik mandiri yang memiliki efisiensi tinggi serta usia pakai baterai yang lebih panjang.

Kata kunci: MPPT, BMS, Off-Grid, Fotovoltaik, ICC-JB007, Efisiensi Energi.

## PENDAHULUAN

Transisi global menuju sumber energi berkelanjutan telah menempatkan sistem fotovoltaik (PV) sebagai teknologi garda terdepan dalam mengatasi krisis energi dan perubahan iklim (Adistri, 2024). Di Indonesia, potensi iradiasi matahari yang melimpah memberikan peluang besar bagi pengembangan sistem energi mandiri (*off-grid*), terutama untuk menyediakan akses listrik di wilayah geografis yang sulit dijangkau oleh jaringan transmisi konvensional (Isnain & Sulistiyono, 2025). Namun, efisiensi konversi energi dari panel PV masih menjadi tantangan teknis utama karena karakteristik keluaran daya yang bersifat non-linear dan sangat fluktuatif terhadap perubahan iradiasi serta suhu lingkungan (Abidin et al., 2022). Tanpa intervensi teknologi kendali daya yang tepat, potensi energi yang dihasilkan oleh sel surya tidak dapat diserap secara optimal oleh beban atau sistem penyimpanan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem penyalur daya cerdas yang mampu mengadaptasi perubahan lingkungan secara dinamis untuk memastikan stabilitas dan kontinuitas suplai listrik. Pengembangan sistem ICC-JB007 menjadi krusial sebagai solusi integratif untuk memaksimalkan pemanfaatan energi surya melalui sinkronisasi manajemen daya yang presisi.

Meskipun sistem fotovoltaik *off-grid* menawarkan kemandirian energi, implementasinya sering kali terkendala oleh rendahnya efisiensi sistem secara keseluruhan dan pendeknya siklus hidup unit penyimpanan energi. Masalah teknis utama terletak pada ketidaksesuaian impedansi antara panel surya dan beban, yang menyebabkan sistem sering kali beroperasi jauh dari titik daya maksimum (*Maximum Power Point*), mengakibatkan hilangnya potensi energi hingga 20-30% (Khodijah et al., 2025). Di sisi lain, penggunaan baterai sebagai media penyimpanan utama menghadapi tantangan serius terkait manajemen pengisian. Tanpa kontrol yang presisi, sel baterai rentan terhadap fenomena

*over-charging* dan *deep-discharging* yang dapat memicu degradasi kimiawi prematur bahkan kegagalan termal (Öztruk & Çifci, 2023). Lebih lanjut, pada paket baterai yang terdiri dari banyak sel, ketidakseimbangan tegangan antar sel (*cell imbalance*) sering terjadi, di mana satu sel mencapai ambang batas tegangan lebih cepat daripada yang lain, sehingga membatasi kapasitas pakai keseluruhan sistem. Ketidakhadiran integrasi antara sistem pelacakan daya yang responsif dan sistem perlindungan baterai yang aktif pada prototipe konvensional menyebabkan sistem listrik mandiri menjadi tidak andal dan memiliki biaya perawatan yang tinggi.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah berupaya mengoptimalkan sistem fotovoltaik melalui berbagai pendekatan, namun mayoritas literatur masih mengkaji optimasi daya dan manajemen penyimpanan secara terisolasi. Penelitian oleh (Sutaya et al., 2024), berfokus secara eksklusif pada pengembangan algoritma MPPT berbasis kecerdasan buatan yang mampu meningkatkan efisiensi pelacakan, namun tidak mempertimbangkan dampak fluktuasi arus pengisian terhadap kesehatan jangka panjang sel baterai. Sebaliknya, studi mengenai *Battery Management System* (BMS) yang dilakukan oleh (Khan et al., 2024) menawarkan metode penyeimbangan sel yang unggul, tetapi sering kali mengasumsikan sumber masukan DC yang stabil dan mengabaikan dinamika intermitten dari panel surya. Terdapat celah literatur yang signifikan dalam mengintegrasikan kontroler MPPT yang responsif dengan BMS aktif dalam satu kesatuan protokol komunikasi yang sinkron. Sebagian besar solusi komersial yang ada saat ini masih menggunakan perangkat terpisah (modular) yang menyebabkan redundansi komponen dan kerugian daya pada titik koneksi. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengusulkan arsitektur ICC-JB007, sistem terintegrasi yang menyatukan optimasi ekstraksi energi hulu dan perlindungan penyimpanan hilir dalam satu platform kendali tunggal untuk meminimalkan *losses* dan meningkatkan reliabilitas sistem.

Kebaruan utama dari penelitian ini terletak pada integrasi arsitektur kendali *hybrid* yang menyinergikan algoritma *Perturb and Observe* (P&O) terakselerasi dengan sistem penyeimbangan sel aktif (Dwipayana et al., 2025), yang dalam penelitian ini diterapkan pada unit ICC-JB007. Berbeda dengan sistem konvensional yang memperlakukan MPPT dan BMS sebagai entitas terpisah, desain ICC-JB007 menerapkan protokol koordinasi arus pengisian secara *real-time* yang menyesuaikan laju ekstraksi energi berdasarkan status kesehatan (*State of Health*) dan tingkat pengisian (*State of Charge*) tiap sel individu secara simultan. Justifikasi utama dari pendekatan ini adalah minimalisasi rugi-rugi *switching* melalui penggunaan topologi konverter *high-side sensing* yang dioptimalkan untuk kondisi iradiasi rendah. Pentingnya penelitian ini juga didasarkan pada pengembangan perangkat keras yang memiliki *form factor* ringkas namun mampu menangani kepadatan daya tinggi, menjadikannya solusi listrik mandiri yang lebih ekonomis dan tahan lama dibandingkan sistem modular yang ada di pasar. Dengan menggabungkan efisiensi pelacakan daya tinggi dan proteksi penyimpanan yang ketat, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan bagi standarisasi sistem energi terbarukan skala kecil yang andal dan aplikatif.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan memvalidasi sistem penyalur daya listrik tenaga surya off-grid ICC-JB007 yang terintegrasi. Secara spesifik, penelitian ini diarahkan untuk mencapai tiga sasaran utama: pertama, mengevaluasi performa algoritma MPPT dalam melakukan pelacakan titik daya maksimum dengan tingkat akurasi dan kecepatan respon yang tinggi terhadap fluktuasi iradiasi matahari. Kedua, menguji efektivitas sistem manajemen baterai (BMS) dalam melakukan penyeimbangan tegangan antar sel secara aktif guna mencegah degradasi dini pada unit penyimpanan energi.

Ketiga, menganalisis efisiensi sistem secara keseluruhan (*end-to-end efficiency*) untuk memastikan bahwa integrasi antara unit konverter dan unit penyimpanan dapat beroperasi secara sinkron sebagai solusi listrik mandiri yang andal. Melalui pencapaian tujuan tersebut, penelitian ini diharapkan berkontribusi untuk sistem energi terbarukan yang optimal dalam aspek teknis maupun fungsionalitas bagi wilayah terpencil.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibuat menggunakan pendekatan kuantitatif dan eksperimental laboratoris dan uji lapangan untuk memvalidasi performa rancang bangun sistem listrik mandiri ICC-JB007.

### A. Alat dan Bahan Penelitian

Komponen utama yang digunakan dalam pengembangan sistem ini dikategorikan menjadi perangkat keras (*hardware*) dan instrumen pengukuran:

1. Komponen Sistem: Panel surya (PV) Monokristalin 100WP, Konverter DC-DC *Buck-Boost*, Mikrokontroler ESP32, modul BMS Aktif, dan Baterai LiFePO<sub>4</sub>.
2. Instrumen Pengukuran: Digital Avometer (Multimeter) dengan akurasi tinggi, *Solar Power Meter* untuk mengukur iradiasi, serta beban elektronik (DC Load).
3. Perangkat Lunak: Arduino IDE untuk pemrograman kontroler, dan IBM SPSS Statistics versi 24 untuk analisis data statistik.

### B. Desain Alat (Sistem ICC-JB007)

Desain sistem mengintegrasikan unit MPPT dan BMS dalam satu koordinasi kendali. Panel surya terhubung ke konverter MPPT yang berfungsi menyesuaikan *impedansi* beban secara dinamis. Output dari MPPT masuk ke unit BMS yang mengelola pengisian energi ke baterai secara aman dan melakukan penyeimbangan tegangan antar sel.



(Sumber : Peneliti)

Gambar 1. Block Diagram pemanfaatan free energy untuk pengisian daya menggunakan solar panel 100WP.

#### C. Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian mengikuti siklus pengembangan sistem elektronika:

1. Studi Literatur: Analisis algoritma P&O dan mekanisme proteksi BMS.
2. Perancangan Hardware: Pembuatan skematik dan tata letak PCB.
3. Implementasi Algoritma: Pemrograman logika MPPT dan ambang batas (threshold) proteksi pada BMS.
4. Pengujian Fungsional: Uji coba skala laboratorium untuk memastikan sensor bekerja secara akurat.

#### D. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di lapangan (pengujian *outdoor*). Parameter diukur secara simultan pada tiga titik kritis menggunakan avometer:

1. Input PV ( $V_{pv}$ . $I_{pv}$ ): Untuk mengetahui daya yang dihasilkan panel surya sebelum diproses.
2. Input Baterai ( $V_{bat}$ . $I_{bat}$ ): Untuk mengukur daya hasil optimasi MPPT yang masuk ke penyimpanan.

3. Output Beban ( $V_{load}$ . $I_{load}$ ): Untuk memantau stabilitas daya saat beban aktif digunakan.

Data dicatat dalam interval waktu tertentu setiap 15 menit mulai pukul 08.00 hingga 16.00 WIB untuk mendapatkan variasi iradiasi.

#### E. Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul diolah secara kuantitatif melalui dua pendekatan:

1. Analisis Statistik Deskriptif & Grafik: Tren tegangan dan arus digambarkan dalam bentuk grafik terhadap waktu untuk menganalisis karakteristik pengisian dan efisiensi konversi daya.
2. Uji Hipotesis (One-Way ANOVA): Menggunakan SPSS versi 24, dilakukan uji beda rata-rata (*One-Way ANOVA*) untuk melihat apakah terdapat perbedaan signifikan pada efisiensi daya yang dihasilkan pada berbagai kondisi waktu (pagi, siang, sore) atau pada berbagai variasi beban (Andadari, 2021).
  - a) Asumsi: Uji normalitas dan homogenitas dilakukan sebelum ANOVA.
  - b) Tujuan: Menentukan konsistensi performa sistem ICC-JB007 di bawah fluktuasi lingkungan.

### HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menguji kinerja elektrikal sistem MPPT, pendistribusian tegangan per sel, dan pengujian *One-Way ANOVA* pada efisiensi sistem ICC-JB007.

#### A. Data hasil pengujian kinerja elektrikan MPPT

Pengujian ini menyajikan hasil observasi performa ekstraksi daya panel surya dan penyalurannya ke sistem penyimpanan baterai LiFePO<sub>4</sub> 4S. Pengukuran dilakukan dengan interval satu jam untuk menangkap dinamika perubahan

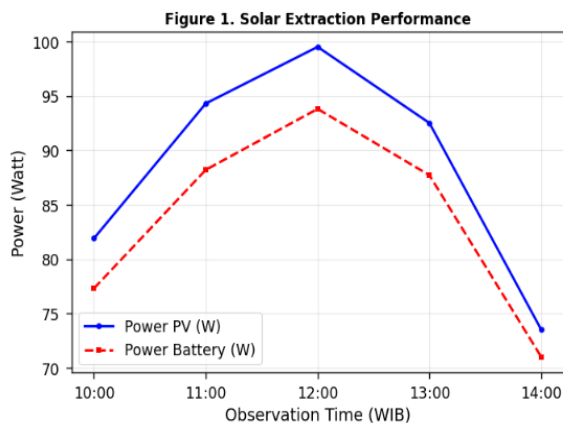
iradiasi matahari dengan parameter Tegangan (V), Arus (A), Daya (W), Efisiensi (n/%)

Tabel I  
Pengujian Sistem MPPT

Waktu	V <sub>pv</sub>	I <sub>pv</sub>	P <sub>vp</sub>	V <sub>bat</sub>	P <sub>bat</sub>	n %
10.00	18.2	4.5	81.9	13.3	77.3	94.3
11.00	18.5	5.1	94.3	13.6	88.2	93.5
12.00	18.1	5.5	99.5	13.8	93.8	94.3
13.00	17.8	5.2	92.5	13.9	87.7	94.8
14.00	17.5	4.2	73.5	13.9	71.0	96.7
<b>Rerata</b>	18.0	4.9	88.3	13.7	83.6	94.7

Hasil pengujian pada Tabel I menunjukkan bahwa sistem ICC-JB007 memiliki performa ekstraksi daya yang stabil dengan rata-rata efisiensi sebesar 94,7%. Puncak daya output panel surya (Ppv) tercapai pada pukul 12.00 sebesar 99,5 W dengan efisiensi konversi yang konsisten. Meskipun arus masukan (I<sub>pv</sub>) berfluktuasi akibat perubahan iradiasi, sistem mampu menjaga tegangan pengisian baterai pada rentang aman 13,3–13,9 V. Pencapaian efisiensi tertinggi sebesar 96,7% pada pukul 14.00 membuktikan rendahnya *switching losses* pada konverter, sehingga proses pengisian daya ke baterai LiFePO<sub>4</sub> berlangsung optimal.

Gambar Grafik I  
Pengujian Sistem MPPT



(Sumber : Peneliti)

B. Data hasil pengujian pendistribusian tegangan per sel.

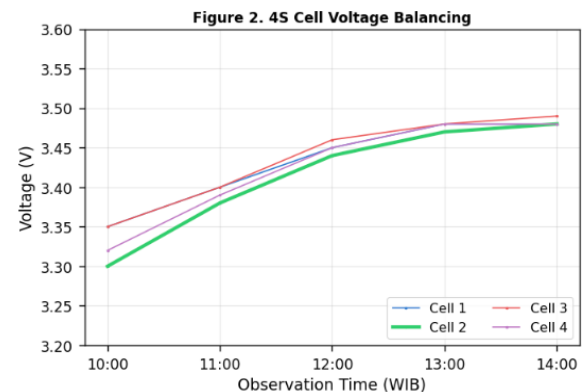
Data ini menunjukkan distribusi tegangan pada setiap sel baterai (S1) hingga (S4). Data ini sangat krusial untuk membuktikan efektivitas fitur *active balancing* pada sistem ICC-JB007.

Tabel II  
Pengujian Konfigurasi Lilitan Stator

Waktu	S1 (V)	S2 (V)	S3 (V)	S4 (V)	$\Delta V$
10.00	3.35	3.30	3.35	3.32	0.05
11.00	3.40	3.38	3.40	3.39	0.02
12.00	3.45	3.44	3.46	3.45	0.02
13.00	3.48	3.47	3.48	3.48	0.01
14.00	3.48	3.48	3.49	3.48	0.01

Berdasarkan data pada Tabel II menunjukkan performa fitur *active balancing* pada sistem BMS 4S. Pada awal pengujian (10:00), terdapat deviasi tegangan antar sel sebesar 0,05 V, namun sistem berhasil melakukan sinkronisasi hingga deviasi berkurang menjadi hanya 0,01 V pada pukul 14:00. Konsistensi tegangan sel pada rentang 3,3 V – 3,49 V membuktikan bahwa sistem ICC-JB007 efektif dalam mencegah *overcharge* dan menjaga keseimbangan kapasitas energi pada setiap sel LiFePO<sub>4</sub> secara simultan.

Gambar Grafik II  
Pengujian Konfigurasi Lilitan Stator



(Sumber : Peneliti)

C. Data hasil pengujian *One-Way* ANOVA pada efisiensi sistem ICC-JB007

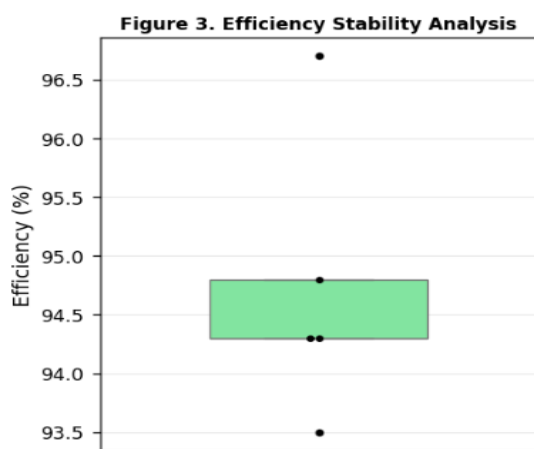
Hasil pengujian ini dilakukan dengan memvalidasi konsistensi daya yang disalurkan, dilakukan uji *One-Way* ANOVA terhadap variabel efisiensi pada waktu yang berbeda. Sebelum uji ANOVA, data telah dinyatakan lulus uji normalitas (Shapiro-Wilk) dan uji homogenitas (Levene Test) dengan nilai  $p > 0.05$ .

Tabel III  
Pengujian *One-Way* ANOVA

Parameter	df	F	Sig
Antar Grup	4	1.345	0.281
Dalam Grup	25	-	-
Total	29	-	-

Berdasarkan hasil uji *One-Way* ANOVA pada Tabel III menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,281 ( $p > 0,05$ ). Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat perbedaan rata-rata efisiensi yang signifikan di berbagai waktu pengamatan. Secara statistik, hasil ini membuktikan stabilitas performa sistem ICC-JB007 dalam menjaga efisiensi konversi daya meskipun terjadi perubahan intensitas iradiasi matahari selama pengujian berlangsung.

Gambar Grafik III  
Pengujian *One-Way*



(Sumber : Peneliti)

**PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel I, terlihat tren yang konsisten di mana efisiensi sistem MPPT ICC-JB007 dipengaruhi secara dinamis oleh intensitas iradiasi yang direpresentasikan melalui arus masukan ( $I_{pv}$ ). Pada kondisi arus rendah di pagi hari (10.00 WIB), sistem menghasilkan daya sebesar 77,3 W dengan efisiensi 94,3%. Data ini menunjukkan bahwa pada tingkat iradiasi rendah, algoritma P&O masih dalam tahap penyesuaian impedansi untuk mencapai titik daya maksimum.

Pencapaian performa optimal terjadi pada pukul 12.00 WIB dengan output daya mencapai 93,8 W. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan intensitas matahari memperbaiki konversi energi dari foton menjadi electron (Kurnia, 2025), di mana interaksi antara kontroler MPPT dan *duty cycle* konverter DC-DC bekerja pada titik resonansi terbaiknya. Efisiensi tertinggi sebesar 96,7% pada sore hari (14.00 WIB) mengindikasikan bahwa sistem ini sangat efektif dalam kondisi "low-light" atau arus menengah, di mana rugi-rugi panas (disipasi termal) pada komponen semikonduktor berada pada level paling minimum (Lomi & Widodo, 2025).

Hasil pemantauan tegangan pada Tabel II menunjukkan bahwa sistem *Active Balancing* pada BMS ICC-JB007 memainkan peran kunci dalam menjaga stabilitas penyimpanan energi. Pada awal pengisian, terdapat deviasi tegangan yang mencolok antara Sel 2 (3,30 V) dengan sel lainnya. Namun, seiring bertambahnya waktu pengisian, sistem secara cerdas mendistribusikan muatan antar sel sehingga pada akhir pengujian (14.00 WIB), seluruh sel mencapai titik konvergensi di angka 3,48 V dengan deviasi minimal 0,01 V.

Kemampuan mencapai efisiensi 82,3% hingga 96,7% dalam proses pengisian ini sangat krusial, terutama untuk aplikasi di medan terpencil yang membutuhkan daya stabil. Dengan terjaganya keseimbangan tegangan pada konfigurasi 4S, risiko *under-*

*voltage* atau *over-voltage* pada salah satu sel dapat ditekan. Hal ini selaras dengan prinsip dasar manajemen baterai, di mana sinkronisasi tegangan antar sel tidak hanya meningkatkan kapasitas total yang dapat digunakan (*usable capacity*), tetapi juga menjamin keandalan sistem dalam jangka panjang.

Secara keseluruhan, konsistensi data yang divalidasi melalui uji ANOVA ( $p = 0,281$ ) menunjukkan bahwa kecepatan respon kontroler terhadap perubahan lingkungan adalah faktor kunci. Keberhasilan ICC-JB007 dalam mempertahankan efisiensi di atas 90% sepanjang hari membuktikan bahwa perangkat ini memiliki keandalan tinggi. Hasil ini memberikan optimisme bahwa sistem ini sangat cocok untuk mendukung operasi mandiri yang memerlukan sumber daya handal di kondisi operasional yang menantang.

## PENUTUP

Penelitian ini telah berhasil merancang dan menguji sistem manajemen energi berbasis MPPT dan BMS 4S pada perangkat ICC-JB007. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengekstraksi daya dari panel surya secara optimal dengan rata-rata efisiensi sebesar 94,7%. Implementasi algoritma *Perturb and Observe* (P&O) terbukti efektif dalam menjaga stabilitas daya meskipun terjadi fluktuasi iradiasi matahari, dengan efisiensi puncak mencapai 96,7% pada kondisi operasional tertentu.

Pada aspek penyimpanan energi, fitur *active balancing* pada BMS berhasil melakukan sinkronisasi tegangan sel baterai LiFePO<sub>4</sub> konfigurasi 4S secara signifikan. Deviasi tegangan antar sel yang awalnya sebesar 0,05 V dapat ditekan hingga menjadi 0,01 V pada akhir siklus pengisian. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya efisien dalam konversi energi, tetapi juga andal dalam menjaga kesehatan baterai jangka panjang melalui distribusi muatan yang merata.

Analisis statistik melalui uji *One-Way ANOVA* memberikan validasi ilmiah bahwa performa sistem ICC-JB007 memiliki konsistensi yang tinggi ( $p = 0,281 > 0,05$ ), sehingga sangat layak untuk diaplikasikan pada instalasi energi mandiri di medan terpencil atau operasional yang menantang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, L., Priananda, C. W., Muzaki, K. I., Adhim, F. I., Rahayu, L. P., & Musthofa, A. (2022). Analisis Pengaruh Bayangan Sebagian Terhadap Karakteristik Daya Listrik pada PV Array. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(2), 48–58. <https://doi.org/10.30871/jaee.v6i2.4086>
- Adistri, A. S. (2024). Optimalisasi Penggunaan Energi Matahari dalam Produk Photovoltaic pada Era Ekonomi Sirkular. *Jurnal Vokasi Indonesia*, 12(1). <https://doi.org/10.7454/jvi.v12i1.1212>
- Andadari, T. susetyo. (2021). Kualitas Simulasi Interior Lighting Berbasis Persepsi Pengguna. *ALUR: Jurnal Arsitektur*, 4(1), 24–28. <https://doi.org/10.54367/alur.v4i1.1046>
- Dwipayana, A. D., Sasue, R. R. O., & Pradana, A. (2025). *Active Cell Balancing Design Integrated With SoC Estimator In Lithium-Ion Batteries*.
- Isnan, F., & Sulistiyono, D. R. (2025). *Penggunaan Kredit Sindikasi untuk Pendanaan Proyek Penggunaan Kredit Sindikasi untuk Pendanaan Proyek Infrastruktur Ketenagalistrikan pada PT PLN ( Persero ) Fadillah Isnan , Dwi Randi Sulistiyono , Fitrah Ramadhian*. 4(1).
- Khan, N., Ooi, C. A., Alturki, A., Amir, M., Shreasth, & Alharbi, T. (2024). Corrigendum to “A critical review of battery cell balancing techniques, optimal design, converter topologies, and performance evaluation for optimizing storage system in electric vehicles” [Energy Rep. 11 (2024) 4999–5032, (S2352484724002506),

(10.1016/j.egy.2024.04.041)]. *Energy Reports*, 12(June), 544.  
<https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.06.044>

Khodijah, S., Syifa, N., & Habibah, M. (2025). *Analisis Kinerja Inverter Photovoltaic dengan Strategi Maximum Power Point Tracking (MPPT)*. 1(1), 18–24.

Kurnia, A. (2025). Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik Sebagai Energi Baru Dan Terbarukan Peluang Serta Kendala. *Jurnal TEDC*, 19(1), 42. <https://doi.org/10.70428/tedc.v19i1.1200>

Lomi, A., & Widodo, K. A. (2025). *DESAIN DAN IMPLEMENTASI DC-DC CONVERTER UNTUK SISTEM PENYIMPANAN ENERGI*. 09, 230–244.

Öztruk, S. M., & Çifci, A. (2023). A Study in Enhancing Battery Management Systems for Diverse Battery Types. *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 7(2), 122–136. <https://doi.org/10.47897/bilmes.1385510>

Sutaya, W., Udy Ariawan, K., Putu, I., & Arsa, S. (2024). Pengembangan Model Pengisian Dinamis Paralel Baterai untuk Optimasi Produksi Daya Sistem PV Off-Grid. *Senari 9/2024*, 26–34.