Rancang Bangun Smart Locker Charging Station Berbasis Panel Surya Untuk Pengisian Telepon Pintar di Area Wisata: Karakteristik Daya Panel dan Sistem

Design and Development of a Solar-Powered Smart Locker Charging Station for Smartphones in Tourist Areas: Panel and System Power Characteristics

Nengah Darmawangsa[1]*, Tri Joko Pramono[1], Erlina[1]

[1]Institut Teknologi PLN, Jakarta, Indonesia

*Corresponding author: Nengah Darmawangsa, nengah2211122@itpln.ac.id

ABSTRAK

Area wisata terbuka, seperti pantai, membutuhkan fasilitas pengisian daya telepon pintar yang tidak bergantung pada jaringan listrik dan sekaligus mengamankan perangkat pengguna. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototipe *smart locker charging station* berbasis panel surya, menentukan karakteristik daya panel dan sistem, serta menguji kemampuan panel memasok beban sistem. Penelitian menggunakan metode eksperimen kuantitatif pada April–Juli 2026. Prototipe terdiri atas panel surya 50 Wp, *solar charge controller* PWM 10 A, baterai *lead-acid* 12 V 7,2 Ah, dua loker berkunci solenoid dengan modul pengisi daya USB, ESP32-CAM untuk autentikasi wajah, dan sensor INA226 pada sisi beban. Pengujian mencakup pengisian baterai tanpa beban, pengisian baterai dengan beban, dan pengosongan baterai tanpa suplai panel; data dianalisis secara deskriptif dengan daya panel P = V × I. Pada pengisian tanpa beban, iradiasi 567,2–856,1 W/m^2 menghasilkan daya panel rata-rata 20,612 W, dan baterai mencapai kondisi penuh menurut indikator pengontrol dari tegangan awal sekitar 12,4 V dalam sekitar 1 jam 45 menit. Pada pengisian dengan beban, daya panel rata-rata 24,705 W melampaui daya beban rata-rata 10,990 W dengan selisih rata-rata 13,715 W. Pada pengosongan selama 2 jam 30 menit, daya beban rata-rata 8,106 W dan tegangan baterai turun dari 12,8 V menjadi 12,4 V. Panel 50 Wp mampu memasok beban prototipe pada kondisi uji; akurasi pengenalan wajah dan neraca energi harian belum diuji.

Kata kunci: Smart Locker, Panel Surya, Stasiun Pengisian Daya, ESP32-CAM, Karakteristik Daya

ABSTRACT

Open tourist areas such as beaches need smartphone charging facilities that are independent of the electricity grid and that also protect users' devices. This study aimed to design and build a solar-powered smart locker charging station prototype, to determine the power characteristics of the panel and the system, and to test whether the panel can supply the system load. A quantitative experimental method was applied from April to July 2026. The prototype consisted of a 50 Wp solar panel, a 10 A PWM solar charge controller, a 12 V 7.2 Ah lead-acid battery, two solenoid-locked lockers with USB charging modules, an ESP32-CAM for face authentication, and an INA226 sensor on the load side. Tests covered battery charging without load, charging with load, and discharging without panel supply, analysed descriptively. In charging without load, irradiance of 567.2–856.1 W/m^2 produced an average panel power of 20.612 W, and the battery reached the controller's full indication from about 12.4 V in approximately 1 hour 45 minutes. In charging with load, the average panel power of 24.705 W exceeded the average load power of 10.990 W, with an average difference of 13.715 W. In 2 hours 30 minutes of discharging, the average load power was 8.106 W and the battery voltage fell from 12.8 V to 12.4 V. The 50 Wp panel was able to supply the prototype load under the test conditions; face-recognition accuracy and the daily energy balance were not tested.

Keywords: *Smart Locker, Solar Panel, Charging Station, ESP32-CAM, Power Characteristics*

ARTICLE IDENTIFIERS

ORIGINAL ARTICLE
Vol. 9 No. 10, 2026
Pages 4711-4721
DOI: 10.56338/jks.v9i10.12487

ARTICLE HISTORY

Received: 22 August 2026
Revised: 21 October 2026
Accepted: 29 October 2026

CC BY-SA 4.0

PENDAHULUAN

Bali merupakan daerah tujuan wisata dengan aktivitas pariwisata yang tinggi. Badan Pusat Statistik Provinsi Bali (2025) mencatat 6.948.754 kunjungan wisatawan mancanegara yang datang langsung ke Bali sepanjang 2025, naik 9,72% dibandingkan 2024, serta 2,29 juta perjalanan wisatawan nusantara pada Juli 2025. Besarnya arus kunjungan tersebut meningkatkan kebutuhan fasilitas pendukung di area wisata. Telepon pintar menjadi salah satu perangkat yang paling sering dibawa pengunjung; Kemp (2025) melaporkan bahwa 95,5% pengguna internet di Indonesia berusia di atas 16 tahun mengakses internet melalui telepon seluler. Pemakaian yang lama di luar ruangan menguras baterai sehingga pengunjung memerlukan tempat mengisi daya.

Di area wisata terbuka seperti pantai, ketersediaan sambungan listrik terbatas dan pengunjung sering meninggalkan perangkatnya tanpa pengawasan saat mengisi daya. Fasilitas pengisian daya yang layak karena itu perlu memenuhi dua syarat sekaligus, yaitu memiliki sumber energi yang mandiri dari jaringan listrik dan menjaga keamanan perangkat selama pengisian. Panel surya merupakan sumber yang sesuai untuk lokasi terbuka karena tidak memerlukan sambungan jaringan, tetapi daya keluarannya berubah mengikuti kondisi penyinaran sehingga kemampuannya memasok beban perlu dibuktikan melalui pengukuran.

Penelitian terdahulu telah mengembangkan pengisian daya perangkat bergerak berbasis panel surya. Arismunandar dan Hendarto (2017) merancang sistem pengisian perangkat di fasilitas umum dengan panel surya sebagai sumber listrik alternatif. Ariawan (2020) membuat pengisi daya telepon seluler portabel dengan baterai dan konverter *buck-boost*; pengisian mencapai 29% dalam 2 jam 10 menit. Tran et al. (2021) membangun stasiun pengisian luar ruang bertenaga surya dengan keluaran USB, AC, dan pengisian nirkabel, sedangkan Kakad et al. (2025) memadukan panel surya, baterai, pengisian nirkabel, dan pemantauan IoT pada sistem *off-grid*. Ulagammai (2024) menerapkan stasiun pengisian surya untuk kendaraan listrik yang kapasitasnya jauh lebih besar daripada kebutuhan telepon pintar. Dari sisi keamanan perangkat, Naik et al. (2020) mengembangkan loker berbasis kamera yang memberi pemberitahuan ketika terdeteksi akses tak dikenal, Alzhrani et al. (2024) membangun *smart locker* IoT dengan pengenalan wajah, sidik jari, dan autentikasi dua langkah, dan Pramono et al. (2022) menggabungkan stasiun pengisian dan loker dengan sidik jari tanpa sumber energi terbarukan. Gozuoglu (2025) mengintegrasikan loker pengisian, panel surya, dan ESP32 dengan analitik penggunaan secara langsung. Adapun ESP32-CAM telah digunakan untuk pemantauan rumah (Tirta et al., 2024), pengaturan lampu berbasis deteksi wajah (Fadly et al., 2024), dan evaluasi kinerja pengenalan wajah (Adi & Wahyu, 2022).

Dari dua belas penelitian yang ditelaah, sebagian besar membahas pengisian daya bertenaga surya atau keamanan loker secara terpisah. Gozuoglu (2025) telah memadukan keduanya, tetapi fokusnya pada analitik penggunaan dan pengelolaan slot, bukan pada karakteristik daya panel dan beban pada prototipe skala kecil yang dioperasikan dalam beberapa kondisi uji. Belum ditemukan kajian yang mengombinasikan panel surya, loker berkunci, autentikasi wajah pada mikrokontroler ESP32-CAM, dan pengukuran daya panel serta beban untuk sistem pengisian telepon pintar skala kecil.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi panel surya 50 Wp, pengontrol pengisian PWM 10 A, dan baterai *lead-acid* 12 V 7,2 Ah dengan dua loker berkunci solenoid, autentikasi wajah pada ESP32-CAM, serta sensor INA226 pada sisi beban, yang dievaluasi pada tiga kondisi uji: pengisian tanpa beban, pengisian dengan beban, dan pengosongan baterai. Kontribusi penelitian berupa rancangan prototipe yang dapat direplikasi dan data karakteristik daya yang dapat menjadi acuan penentuan kapasitas panel pada sistem sejenis.

Tujuan penelitian ini adalah (1) merancang dan membangun *smart locker charging station* berbasis panel surya, (2) menentukan karakteristik daya panel dan sistem pada kondisi pengisian dan pengosongan baterai, dan (3) menguji apakah daya panel mampu memenuhi kebutuhan daya beban sistem.

CC BY-SA 4.0

METODE

Desain, Tempat, dan Waktu Penelitian

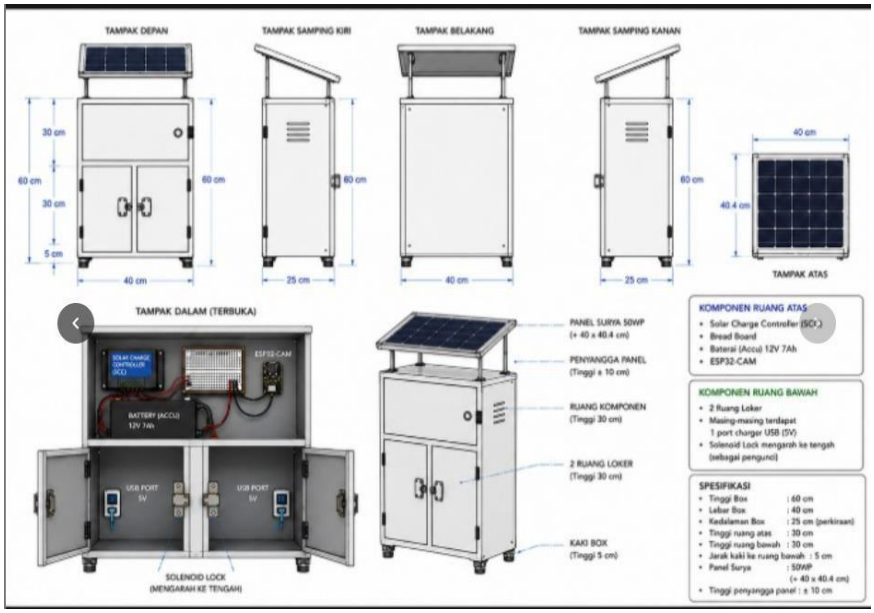
Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang meliputi studi literatur, perancangan sistem, pengujian fungsional, pengambilan data, serta analisis dan penarikan simpulan. Pengujian dilakukan di lokasi terbuka dengan hambatan penyinaran yang minimal agar kondisi penerimaan energi surya mendekati ideal. Penelitian berlangsung pada April–Juli 2026, termasuk perancangan, pengujian, pengambilan data, dan analisis.

Perancangan Perangkat

Prototipe berukuran 40 × 25 × 60 cm. Panel surya berada di bagian atas, ruang komponen di bagian tengah, dan dua loker di bagian bawah; setiap loker berisi modul pengisi daya dan kunci solenoid. Komponen yang digunakan disajikan pada Tabel 1, rancangan prototipe pada Gambar 1, dan pengawatannya pada Gambar 2.

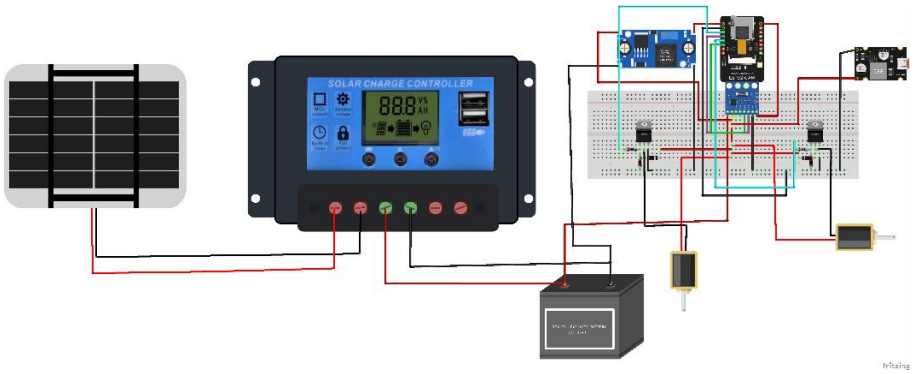
Tabel 1. Komponen utama prototipe

No.	Komponen	Fungsi
1	ESP32-CAM	Pengendali utama: koneksi WiFi, pengiriman data ke Telegram, pembacaan sensor, dan autentikasi wajah
2	Sensor INA226	Mengukur tegangan, arus, dan daya pada sisi beban
3	Konverter DC-DC LM2596	Menurunkan tegangan baterai 12 V menjadi 5 V untuk ESP32-CAM
4	MOSFET IRLZ44N	Saklar elektronik pengendali solenoid
5	Solenoid door lock 12 V	Pengunci tiap loker
6	Modul pengisi daya 5 V/3 A	Pengisian daya perangkat di dalam loker
7	Panel surya 50 Wp	Sumber daya utama sistem
8	Baterai lead-acid 12 V 7,2 Ah	Penyimpan energi dan catu daya beban
9	Solar charge controller PWM 10 A	Mengatur pengisian dan pengosongan baterai
10	Resistor 220 Ω dan 10 kΩ; dioda 1N4007	Pembatas arus serta pelindung MOSFET dan ESP32-CAM dari tegangan induksi solenoid



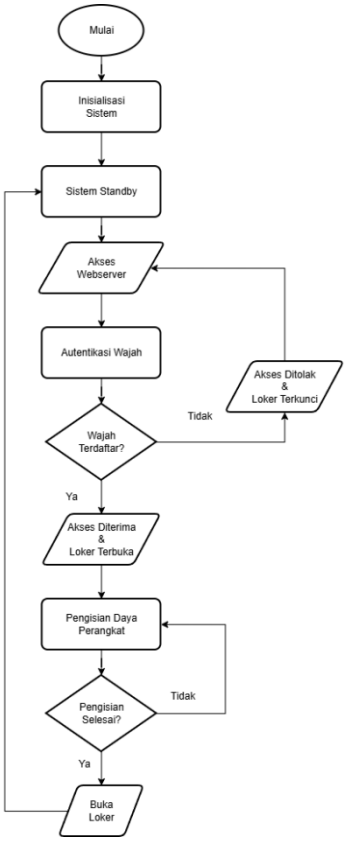
Gambar 1. Rancangan prototipe *smart locker charging station*

Panel surya mengisi baterai melalui pengontrol pengisian PWM. Baterai memasok konverter *buck* LM2596 yang menurunkan 12 V menjadi 5 V untuk ESP32-CAM, serta solenoid dan modul pengisi daya. ESP32-CAM mengendalikan solenoid melalui MOSFET IRLZ44N pada GPIO 12 dan GPIO 15, dan terhubung ke INA226 melalui jalur I2C pada GPIO 13 (SDA) dan GPIO 14 (SCL). INA226 dipasang pada sisi beban untuk membaca tegangan, arus, dan daya seluruh komponen yang dipasok baterai.



Gambar 2. Pengawatan prototipe

Alur kerja sistem ditunjukkan pada Gambar 3. Setelah inisialisasi dan masuk ke mode siaga, pengguna mengakses *web server* dan sistem mengautentikasi wajah. Jika wajah terdaftar, loker terbuka dan perangkat dapat diisi daya; jika tidak, akses ditolak dan loker tetap terkunci. Loker dibuka kembali setelah pengisian selesai. Status sistem dipantau melalui bot Telegram.



Gambar 3. Diagram alir sistem

Instrumen dan Prosedur Pengujian

Tegangan dan arus panel diukur dengan *clamp meter* dan iradiasi dengan pengukur iradiasi surya. Tegangan, arus, dan daya beban dibaca oleh INA226 pada sisi beban. Daya panel dihitung dengan Persamaan (1), dengan P adalah daya (W), V tegangan (V), dan I arus (A).

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

Pengujian dilakukan pada tiga kondisi yang didefinisikan pada Tabel 2. Pencatatan dilakukan setiap 15 menit; pada pengisian tanpa beban tercatat delapan titik (10:15–12:00), pada pengisian dengan beban sembilan titik (13:05–15:05), dan pada pengosongan sebelas titik (15:10–17:40). Pengisian tanpa beban dimulai dari tegangan baterai sekitar 12,4 V dan dihentikan ketika indikator pengontrol menunjukkan lima batang (penuh). Pengosongan dihentikan ketika tegangan baterai kembali sekitar 12,4 V.

Tabel 2. Kondisi pengujian

Kondisi Pengujian	Definisi
Pengisian Baterai tanpa beban sistem (*charging)*	Panel surya terhubung ke baterai untuk melakukan pengisian dan sistem *smart locker* tidak aktif untuk mengisi daya perangkat.
Pengisian baterai dengan beban sistem (*Charging)*	Panel surya terhubung ke baterai untuk melakukan pengisian dan sistem *smart locker* aktif untuk mengisi daya perangkat.
Pengosongan Baterai	Panel surya tidak terhubung ke baterai dan sistem *smart locker* aktif untuk mengisi daya perangkat.

Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif dengan menghitung rentang dan rata-rata setiap parameter pada tiap kondisi uji. Kemampuan panel memasok beban dinilai dari selisih dan rasio antara daya panel dan daya beban pada setiap titik pengukuran saat pengisian dengan beban. Karakteristik pengosongan dinilai dari perubahan tegangan baterai, serta arus dan daya beban selama pengujian.

HASIL

Realisasi Prototipe

Prototipe berhasil direalisasikan dan berfungsi: wajah yang terdaftar membuka kunci loker, wajah yang tidak terdaftar ditolak, dan perangkat di dalam loker terisi daya. Bagian dalam prototipe ditunjukkan pada Gambar 4. Fungsi tersebut dikonfirmasi melalui pengujian fungsional; akurasi pengenalan wajah belum diukur secara kuantitatif.



Gambar 4. Bagian dalam prototipe

CC BY-SA 4.0

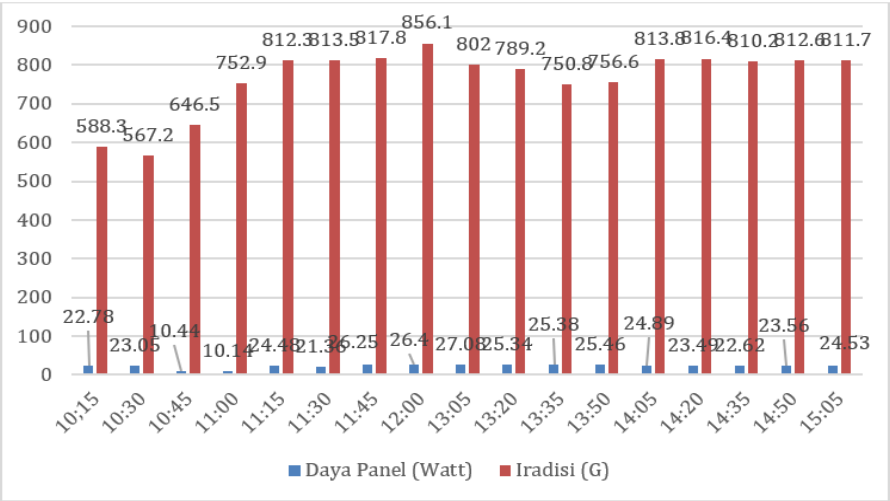
Hasil Pengujian

Seluruh data pengukuran disajikan pada Tabel 3, sedangkan ringkasan rentang dan rata-rata disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Data pengujian panel, baterai, dan beban

Waktu	Tegangan Panel (V)	Arus Panel (I)	Daya Panel (P)	Iradiasi (G)	Tegangan Baterai (V)	Tegangan Beban (V)	Arus Beban (I)	Daya Beban (P)
10:15	17,8	1,28	22,784	588,3	14,2	0	0	0
10:30	17,2	1,34	23,048	567,2	14,5	0	0	0
10:45	17,4	0,6	10,44	646,5	14,7	0	0	0
11:00	18,1	0,56	10,136	752,9	14,1	0	0	0
11:15	18	1,36	24,48	812,3	14,7	0	0	0
11:30	17,8	1,2	21,36	813,5	14,1	0	0	0
11:45	17,5	1,5	26,25	817,8	14,3	0	0	0
12:00	17,6	1,5	26,4	856,1	14,1	0	0	0
13:05	17,7	1,53	27,081	802	14,1	15,7	0,693	10,876
13:20	17,6	1,44	25,344	789,2	14,1	15,51	0,699	10,842
13:35	17,5	1,45	25,375	750,8	14,1	15,51	0,709	10,988
13:50	17,2	1,48	25,456	756,6	14,1	15,31	0,718	10,992
14:05	17,4	1,43	24,882	813,8	14,1	15,25	0,717	10,931
14:20	17,4	1,35	23,49	816,4	14,2	15,16	0,727	11,015
14:35	17,4	1,3	22,62	810,2	14,2	15,11	0,733	11,073
14:50	17,2	1,37	23,564	812,6	14,1	15,08	0,745	11,091
15:05	17,4	1,41	24,534	811,7	14,1	15,03	0,749	11,102

Selama pengisian tanpa beban, tegangan panel relatif stabil sedangkan arus panel bervariasi lebih besar. Kenaikan iradiasi tidak selalu diikuti kenaikan daya panel: pada pukul 10:45 iradiasi 646,5 W/m^2 menghasilkan 10,440 W, sedangkan pada pukul 11:15 iradiasi 812,3 W/m^2 menghasilkan 24,480 W (Gambar 5).



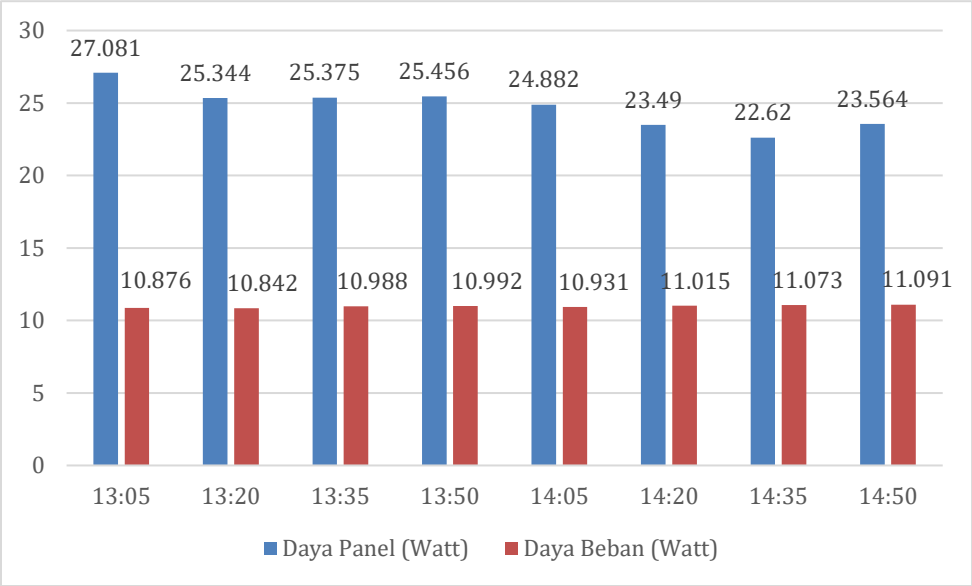
Gambar 5. Iradiasi dan daya panel selama pengujian

CC BY-SA 4.0

Tabel 4. Ringkasan rentang dan rata-rata hasil pengujian

Kondisi uji	Parameter	Rentang	Rata-rata
Pengisian tanpa beban (n = 8)	Iradiasi (W/m^2)	567,2–856,1	731,8
	Tegangan panel (V)	17,2–18,1	17,68
	Arus panel (A)	0,56–1,50	1,17
	Daya panel (W)	10,136–26,400	20,612
	Tegangan baterai (V)	14,1–14,7	14,34
Pengisian dengan beban (n = 9)	Iradiasi (W/m^2)	750,8–816,4	795,9
	Tegangan panel (V)	17,2–17,7	17,42
	Arus panel (A)	1,30–1,53	1,42
	Daya panel (W)	22,620–27,081	24,705
	Daya beban (W)	10,842–11,102	10,990
	Selisih daya panel–beban (W)	11,547–16,205	13,715
	Rasio daya panel/beban	2,04–2,49	2,25
Pengosongan (n = 11)	Tegangan baterai (V)	12,8–12,4	–
	Tegangan beban (V)	9,28–10,27	9,90
	Arus beban (A)	0,819	0,819
	Daya beban (W)	7,604–8,417	8,106

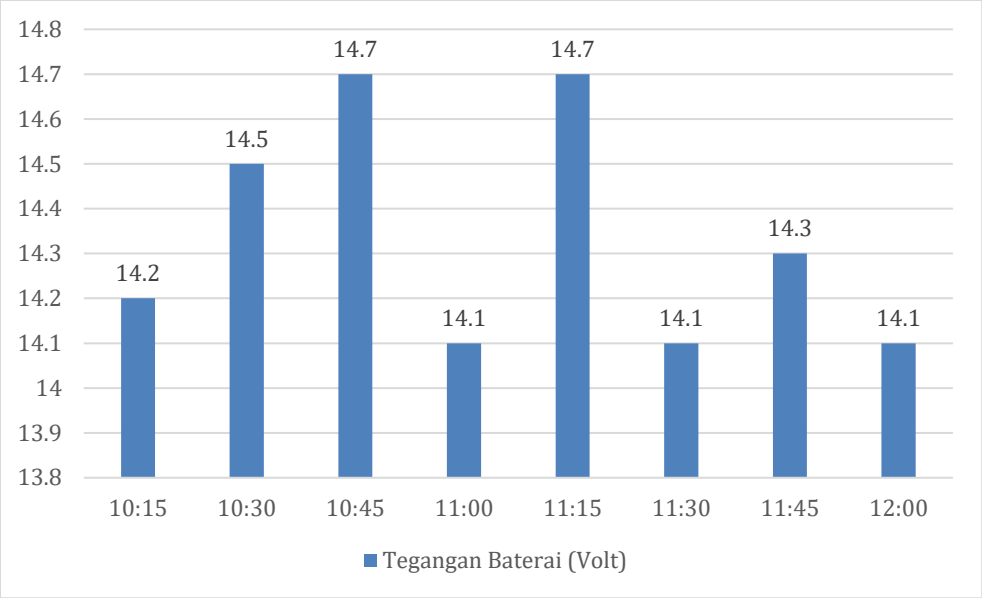
Pada pengisian dengan beban, daya panel melampaui daya beban di setiap titik pengukuran dengan rasio 2,04–2,49 kali (Gambar 6). Daya beban nyaris konstan (rentang 0,260 W), sedangkan daya panel berubah sekitar 4,461 W.



Gambar 6. Perbandingan daya panel dan daya beban saat pengisian dengan beban

Tegangan baterai terbaca 14,1–14,7 V selama pengisian (Gambar 7), lebih tinggi daripada tegangan awal sekitar 12,4 V karena baterai berada dalam kondisi diisi. Waktu pengisian sekitar 1 jam 45 menit adalah waktu dari tegangan awal tersebut sampai indikator pengontrol menunjukkan penuh.

CC BY-SA 4.0



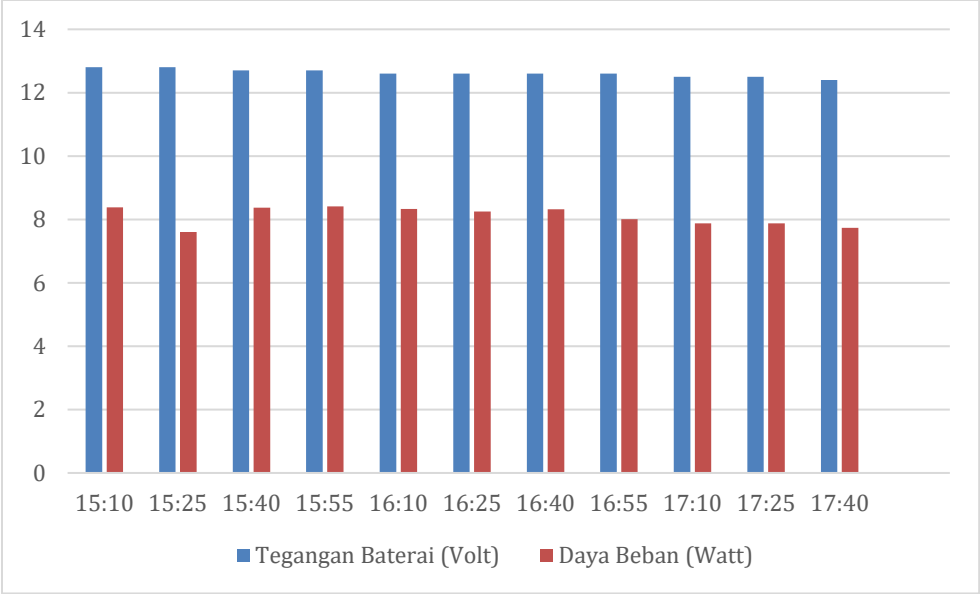
Gambar 7. Tegangan baterai saat pengisian

Pada pengosongan tanpa suplai panel, arus beban konstan 0,819 A selama 2 jam 30 menit, sementara tegangan baterai turun bertahap dari 12,8 V menjadi 12,4 V dan daya beban turun mengikuti tegangan beban (Tabel 5 dan Gambar 8).

Tabel 5. Data pengosongan baterai

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Tegangan Beban (V)	Arus Beban (I)	Daya Beban (P)
15:10	12,8	10,23	0,819	8,377
15:25	12,8	9,28	0,819	7,604
15:40	12,7	10,22	0,819	8,374
15:55	12,7	10,27	0,819	8,417
16:10	12,6	10,17	0,819	8,329
16:25	12,6	10,07	0,819	8,251
16:40	12,6	10,16	0,819	8,325
16:55	12,6	9,77	0,819	8,006
17:10	12,5	9,62	0,819	7,878
17:25	12,5	9,61	0,819	7,874
17:40	12,4	9,44	0,819	7,732

CC BY-SA 4.0



Gambar 8. Tegangan baterai dan daya beban saat pengosongan

PEMBAHASAN

Hasil menunjukkan bahwa rancangan terintegrasi ini bekerja sesuai tujuan pertama: panel, pengontrol, baterai, loker, autentikasi wajah, dan sensor daya beroperasi bersama dalam satu prototipe. Penambahan INA226 pada sisi beban menjadikan prototipe ini tidak hanya berfungsi, tetapi juga dapat dikarakterisasi dayanya, sesuatu yang tidak dilaporkan pada penelitian loker pengisian yang ditelaah, termasuk Gozuoglu (2025) yang berfokus pada analitik penggunaan.

Terkait tujuan kedua dan ketiga, daya panel rata-rata 24,705 W, sekitar 2,25 kali daya beban rata-rata 10,990 W, menunjukkan bahwa panel 50 Wp memiliki margin yang cukup untuk memasok beban prototipe pada penyinaran 750–816 W/m^2. Selisih rata-rata 13,715 W tersedia bagi pengisian baterai pada saat beban beroperasi. Temuan ini sejalan dengan tujuan perancangan, yakni stasiun pengisian skala kecil yang cukup ditopang panel dengan kapasitas sedang, berbeda dengan sistem skala besar seperti stasiun pengisian kendaraan listrik (Ulagammai, 2024) atau stasiun dengan beberapa jenis keluaran (Tran et al., 2021). Perlu ditegaskan bahwa kesimpulan ini berlaku untuk perbandingan daya sesaat pada siang hari; kecukupan energi sepanjang hari belum dihitung.

Daya panel yang tidak proporsional terhadap iradiasi pada pengisian tanpa beban (10:45–11:00) sejalan dengan bahan kajian bahwa daya keluaran panel dipengaruhi iradiasi (Usman, 2020; Widyawati Putri et al., 2022) dan suhu permukaan panel (Harahap, 2020). Penjelasan lain yang masuk akal, tetapi tidak diuji di sini, adalah pembatasan arus oleh pengontrol PWM ketika tegangan baterai mendekati batas pengisian (Bakhtiar & Tadjuddin, 2020; Putra et al., 2023): arus panel turun menjadi 0,56–0,60 A tepat ketika tegangan baterai terbaca 14,7 V dan 14,1 V. Pengukuran suhu panel dan arus baterai diperlukan untuk memastikan penyebabnya.

Waktu pengisian sekitar 1 jam 45 menit tidak dapat dibandingkan langsung dengan hasil Ariawan (2020) yang mengisi telepon seluler (29% dalam 2 jam 10 menit), karena objek yang diisi, kapasitas, dan indikator penuh berbeda. Pada pengosongan, arus yang konstan pada 0,819 A dengan tegangan beban yang menurun menyebabkan daya beban turun dari 8,377 W menjadi 7,732 W; baterai belum dikosongkan penuh sehingga data ini belum menggambarkan waktu operasi mandiri maksimum.

Implikasinya, perancang stasiun pengisian sejenis dapat menggunakan margin daya panel terhadap beban sebagai titik awal penentuan kapasitas, dan menambahkan pemantauan daya sisi beban untuk memverifikasi kinerja di lapangan. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, data diambil pada satu periode

CC BY-SA 4.0

pengujian siang hingga sore dan tanpa pencatatan antara pukul 12:00 dan 13:05. Kedua, pengenalan wajah hanya diuji fungsional, tanpa data akurasi, waktu respons, atau ketahanan terhadap pencahayaan. Ketiga, analisis terbatas pada daya sesaat, tanpa neraca energi, efisiensi pengontrol, atau keadaan muatan baterai. Keempat, tegangan sisi beban saat pengisian (15,03–15,70 V) lebih tinggi daripada tegangan baterai (14,1–14,2 V) dan belum dapat dijelaskan, sehingga titik pengukuran INA226 perlu dikonfirmasi.

KESIMPULAN

Prototipe *smart locker charging station* berbasis panel surya 50 Wp, pengontrol PWM 10 A, baterai 12 V 7,2 Ah, dua loker berkunci solenoid, ESP32-CAM, dan INA226 berhasil dirancang dan dibangun serta berfungsi untuk autentikasi wajah dan pengisian daya. Karakteristik daya yang diperoleh: pada pengisian tanpa beban, daya panel rata-rata 20,612 W pada iradiasi rata-rata 731,8 W/m^2; pada pengisian dengan beban, daya panel rata-rata 24,705 W dan daya beban rata-rata 10,990 W; pada pengosongan, daya beban rata-rata 8,106 W dengan tegangan baterai turun dari 12,8 V menjadi 12,4 V. Daya panel melampaui daya beban pada seluruh titik pengujian, dengan selisih rata-rata 13,715 W, sehingga panel mampu memasok beban sistem pada kondisi uji.

SARAN

Penelitian lanjutan perlu (1) menguji akurasi dan waktu respons pengenalan wajah pada berbagai kondisi cahaya, (2) mengukur neraca energi harian, suhu panel, dan keadaan muatan baterai pada beberapa hari berbeda, (3) mengonfirmasi titik ukur INA226, dan (4) menyimpan data wajah terdeteksi secara sementara (misalnya satu hari) serta memberi pengguna pilihan loker.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Muhammad Fadlan Azizy atas kerja sama dalam pembuatan perangkat dan kepada Institut Teknologi PLN atas dukungan selama penelitian.

DECLARATIONS

Pernyataan Penggunaan AI: Alat kecerdasan buatan generatif digunakan untuk membantu meninjau naskah dan memeriksa apakah isinya telah mengikuti kaidah penulisan artikel jurnal. Para penulis juga melakukan peninjauan yang sama secara mandiri. Seluruh data, hasil statistik, referensi, dan kesimpulan berasal dari penelitian para penulis sendiri, dan para penulis bertanggung jawab penuh atas isi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, P. D. P., & Wahyu, Y. (2022). Performance evaluation of ESP32 Camera Face Recognition for various projects. *Internet of Things and Artificial Intelligence Journal*, *2*(1), 10–21. https://doi.org/10.31763/iota.v2i1.512

Alzhrani, A. A., Balfaqih, M., Alsenani, F., Alharthi, M., Alshehri, A., & Balfagih, Z. (2024). Design and implementation of an IoT-integrated smart locker system utilizing facial recognition technology. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, *14*(4), 16000–16010. https://doi.org/10.48084/etasr.7737

Ariawan, K. U. (2020). Pengisi daya baterai telepon seluler portabel berbasis panel surya. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, *17*(1).

Arismunandar, R. W., & Hendarto, D. (2017). Rancang bangun sistem pengisian daya perangkat gadget berbasis panel surya sebagai sumber listrik alternatif di fasilitas umum, *4*(2). http://ejournal.uika-bogor.ac.id

Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. (2025). *Perkembangan pariwisata Provinsi Bali* [rilis resmi]. BPS Provinsi Bali.

Bakhtiar, B., & Tadjuddin, T. (2020). Pemilihan solar charge controller (SCC) pembangkit listrik tenaga surya. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian kepada Masyarakat (SNP2M)*, *5*, 168–173.

Fadly, A., Kanata, S., Muntasiroh, L., & Saptadi, A. H. (2024). Perancangan pengaturan cahaya lampu menggunakan face detection berbasis Internet of Things (DECAPU). *Prosiding Seminar Nasional Unimus*, *7*.

Gozuoglu, A. (2025). *Smart charging locker for personal electronics using solar-powered ESP32 with real-time usage analytics*.

Harahap, P. (2020). Pengaruh temperatur permukaan panel surya terhadap daya yang dihasilkan dari berbagai jenis sel surya. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, *2*(2), 73–80.

CC BY-SA 4.0

Kakad, Y. U., Annasaheb, K. A., Rameshwar, G. S., Laxman, K. P., & Ashok, K. A. (2025). Wireless charging station with IoT monitoring powered by battery and solar. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, *5*(6). https://doi.org/10.48175/568

Kemp, S. (2025). *Digital 2025: Indonesia*. DataReportal.

Naik, R., Agarwala, S., Raisinghani, S., Satam, S., & Sawant, S. (2020). Smart and secure locker system. *Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST)*.

Pramono, A., Febriantono, M. A., Primadani, T. I. W., Purnomo, A., Maulana, F. I., & Agustina, I. A. (2022). Smart mobile phone charging stations for public service as smart cities component. *Proceedings of the 2022 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, 257–261. https://doi.org/10.1109/ICIMTech55957.2022.9915167

Putra, A. S., Afianti, H., & Watiasih, R. (2023). Comparative analysis of solar charge controller performance between MPPT and PWM on solar panels. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, *7*(1), 1197–1202. https://doi.org/10.54732/jeecs.v7i1.217

Tirta, I. D., Ahfas, A. A., & Jamaaluddin, J. (2024). Home surveillance monitoring with ESP32-CAM and SD card for data storage. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, *6*(1), 419–429.

Tran, B., Ovalle, J., Molina, K., Molina, R., & Le, H. T. (2021). Solar-powered convenient charging station for mobile devices with wireless charging capability. *WSEAS Transactions on Systems*, *20*, 260–271. https://doi.org/10.37394/23202.2021.20.29

Ulagammai, M. (2024). Smart electric vehicle charging station using solar power. *2024 IEEE 4th International Conference on Sustainable Energy and Future Electric Transportation (SEFET)*, 1–4. IEEE.

Usman, M. K. (2020). Analisis intensitas cahaya terhadap energi listrik yang dihasilkan panel surya. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, *9*(2), 52–57.

Widyawati Putri, S., Marausna, G., & Eko Prasetiyo, E. (2022). Analisis pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran pada panel surya. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, *8*(1), 29–37. https://doi.org/10.56521/teknika.v8i1.442

CC BY-SA 4.0