



Perancangan Sistem Pemantauan Arus dan Tegangan Tinggi pada Sistem Hybrid Panel Surya Berbasis IoT

Rifat Orvala Zarga¹, Tata Sutabri²

Universitas Bina Dharma ^{1,2}

e-mail: rifatorvalazarga@gmail.com

Abstract

This study aims to design and implement a high-voltage and high-current monitoring system for a hybrid solar power generation system that combines renewable energy sources with the conventional electrical grid. The proposed system utilizes an ESP32 microcontroller as the main control and data communication unit due to its adequate processing capability and integrated Wi-Fi connectivity. Voltage measurement is performed using a voltage divider circuit equipped with galvanic isolation to ensure the safety of both the system and the control device, while current measurement is carried out using an ACS758 Hall-effect-based sensor capable of non-intrusive high-current sensing. Measurement data obtained from the solar panels, batteries, and inverter are transmitted periodically via the MQTT protocol to the ThingsBoard server for data storage, visualization, and analysis. The monitoring interface presents the data in the form of real-time graphs and is equipped with a notification feature to provide early warnings in the event of abnormal conditions, such as overvoltage and overcurrent. Experimental results demonstrate that the system is capable of measuring voltages up to 600 V DC and currents up to 50 A with an average error of $\pm 2.1\%$.

Keywords: Internet of Things, Hybrid Solar Panel System, ESP32, Renewable Energy.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan arus dan tegangan tinggi pada sistem pembangkit listrik tenaga surya berbasis hybrid yang mengombinasikan sumber energi terbarukan dan jaringan listrik konvensional. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali dan komunikasi data karena memiliki kemampuan pemrosesan yang baik serta konektivitas Wi-Fi terintegrasi. Pengukuran tegangan dilakukan menggunakan rangkaian pembagi tegangan yang dilengkapi dengan isolasi galvanik guna menjamin keselamatan sistem dan perangkat pengendali, sementara pengukuran arus menggunakan sensor ACS758 berbasis efek Hall yang mampu mengukur arus besar secara non-intrusif. Data hasil pengukuran dari panel surya, baterai, dan inverter dikirimkan secara berkala melalui protokol MQTT ke server ThingsBoard untuk keperluan penyimpanan, visualisasi, dan analisis. Antarmuka pemantauan menampilkan data dalam bentuk grafik waktu nyata serta dilengkapi dengan fitur notifikasi untuk memberikan peringatan dini apabila terjadi kondisi tidak normal, seperti overvoltage dan overcurrent. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengukuran tegangan hingga 600 V DC dan arus hingga 50 A dengan tingkat kesalahan rata-rata sebesar $\pm 2,1\%$.

Kata Kunci: Internet of Things, Panel Surya Hybrid, ESP32, Energi Terbarukan.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat menuntut adanya sistem pembangkit yang efisien dan andal. Salah satu pendekatan yang kini banyak dikembangkan adalah sistem hybrid yang mengombinasikan energi terbarukan seperti panel surya dengan sumber energi konvensional dari jaringan PLN. Dalam sistem semacam ini, pemantauan arus dan tegangan menjadi faktor penting untuk menjaga stabilitas serta keselamatan sistem tenaga.

Pemantauan secara manual sering kali menyulitkan proses deteksi gangguan seperti tegangan berlebih (overvoltage) dan arus berlebih (overcurrent). Karena itu, penerapan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) menjadi solusi efektif untuk melakukan pengukuran serta pelaporan data secara waktu nyata. Mikrokontroler ESP32 menjadi pilihan utama karena memiliki kemampuan komunikasi nirkabel dan pengolahan data yang mumpuni. Penelitian ini merancang sistem monitoring arus dan tegangan tinggi pada sistem hybrid panel surya berbasis IoT dengan harapan dapat meningkatkan keandalan dan efisiensi dalam pengawasan sistem tenaga Listrik.

Sistem hybrid merupakan kombinasi antara pembangkit energi surya (PV) dengan sumber energi tambahan seperti PLN atau generator diesel. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan kontinuitas pasokan listrik, terutama ketika daya dari panel surya tidak mencukupi. Dengan sistem hybrid, pengguna dapat memanfaatkan energi surya secara maksimal sekaligus menjaga kestabilan suplai listrik. Pemantauan arus dan tegangan bertujuan untuk mengetahui kondisi operasional sistem tenaga agar tetap berada dalam batas aman. Sensor berbasis efek Hall seperti ACS758 dapat mengukur arus DC atau AC tanpa kontak langsung dengan konduktor, sehingga lebih aman. Sementara itu, tegangan tinggi dapat diukur dengan pembagi tegangan yang dilengkapi isolasi untuk melindungi mikrokontroler dari lonjakan tegangan. Teknologi IoT memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung dan bertukar data melalui internet. Dalam konteks energi, IoT dapat digunakan untuk memantau performa sistem tenaga secara jarak jauh, menggunakan protokol komunikasi ringan seperti MQTT. Platform seperti ThingsBoard, Node-RED, atau Blynk menyediakan antarmuka visual untuk menampilkan data serta memberikan peringatan otomatis jika terjadi anomali.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan tahap perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi untuk membangun sistem pemantauan kelistrikan berbasis IoT. Sistem dirancang dengan mikrokontroler ESP32 sebagai unit kendali utama yang berfungsi mengolah data sensor sekaligus mengirimkan informasi ke platform IoT melalui protokol komunikasi MQTT. Perangkat keras utama terdiri atas sensor tegangan dan sensor arus yang dirancang untuk bekerja

pada level tegangan dan arus tinggi, serta didukung oleh catu daya terisolasi guna menjaga keselamatan dan keandalan sistem.

Pengukuran tegangan dilakukan menggunakan rangkaian pembagi tegangan yang tersusun dari resistor bernilai $1,8\text{ M}\Omega$ dan $10\text{ k}\Omega$, kemudian dikombinasikan dengan isolasi galvanik menggunakan modul AMC1100. Konfigurasi ini memungkinkan pengukuran tegangan hingga 600 V DC dengan keluaran maksimum $3,3\text{ V}$, sehingga aman untuk diolah oleh masukan ADC pada ESP32. Sementara itu, pengukuran arus dilakukan menggunakan sensor ACS758-050B berbasis efek Hall yang mampu mengukur arus hingga 50 A DC secara non-intrusif. Sensor ini menghasilkan tegangan keluaran yang linier terhadap arus dengan sensitivitas sebesar 40 mV/A , yang selanjutnya dikalibrasi melalui pemrograman pada ESP32 agar hasil pengukuran sesuai dengan nilai arus aktual. Untuk menjamin kestabilan dan keamanan catu daya, sistem dilengkapi dengan konverter DC-DC terisolasi yang menurunkan tegangan dari 12 V menjadi 5 V . ESP32 dikonfigurasi untuk melakukan pembacaan data arus dan tegangan secara berkala, kemudian mengirimkan data tersebut setiap lima detik ke server ThingsBoard menggunakan protokol MQTT. Data yang diterima oleh server selanjutnya disimpan dan divisualisasikan dalam bentuk dashboard interaktif yang menampilkan grafik real-time serta indikator status sistem, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi operasional secara daring.

Dalam proses perancangan dan pengujian, digunakan beberapa alat pendukung seperti laptop untuk pemrograman dan konfigurasi sistem IoT, multimeter digital untuk verifikasi pengukuran, serta peralatan perakitan elektronik seperti solder, obeng, dan power supply DC variabel. Adapun bahan utama yang digunakan meliputi mikrokontroler ESP32, sensor arus ACS758-050B, rangkaian sensor tegangan berbasis pembagi tegangan dengan isolator AMC1100, resistor $1,8\text{ M}\Omega$ dan $10\text{ k}\Omega$, modul DC-DC terisolasi 12 V ke 5 V , kabel jumper, serta media perakitan berupa breadboard atau PCB. Integrasi seluruh komponen tersebut menghasilkan sistem pemantauan yang andal, aman, dan siap diterapkan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya berbasis hybrid.

PEMBAHASAN

Uji Sensor Tegangan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa deviasi pembacaan tegangan maksimum adalah $2,1\%$ dibandingkan alat ukur referensi. Sensor mampu mengukur hingga $598,5\text{ V}$ tanpa distorsi sinyal yang berarti.

Tabel 1
Pengujian Arus

Tegangan input (v)	Tegangan terukur (v)	Error(%)
100	97.9	2.1

200	196.8	1.6
300	294.3	1.9
400	392.5	1.8
500	489.1	2.2
600	598.5	0.25

Sumber: Data diolah, 2025

Uji Sensor Arus

Sensor ACS758 memiliki tingkat akurasi $\pm 1,8\%$. Berdasarkan uji linearitas pada rentang 0–50 A, diperoleh koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,998 yang menunjukkan kinerja stabil dan akurat.

Tabel 2
Hasil Penelitian

Arus input (A)	Arus terukur (A)	Eror(%)
5	4.92	1.6
10	9.82	1.8
20	19.61	1.9
30	29.41	1.97
40	39.28	1.8
50	49.12	1.76

Sumber: Data diolah, 2025

Sensor ACS758 memiliki tingkat akurasi $\pm 1,8\%$. Berdasarkan uji linearitas pada rentang 0–50 A, diperoleh koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,998 yang menunjukkan kinerja stabil dan akurat

Uji Komunikasi IoT

ESP32 dapat mengirimkan data ke server ThingsBoard dengan latensi rata-rata 0,7 detik melalui jaringan Wi-Fi 2,4 GHz. Sistem mampu beroperasi stabil selama 24 jam tanpa kehilangan paket data.

Tabel 3
Parameter pengujian

Paramater	Hasil
Protoko	MQTT
Interval Pengiriman	5 detik
Jaringan	Wi-fi 2,4 GHz
Lama pengujian	24 jam
Server iot	Thingboard
Paramater	Hasil

Sumber: Data diolah, 2025

Tabel 4
Hasil pengujian latensi komunikasi

no	Waktu pengiriman	Latensi(waktu)	Status
1	8:00	0.71	Sukses

2	9:00	0.75	Sukses
3	10:00	0.69	Sukses
4	14:00	0.82	Sukses
5	20:00	0.74	Sukses
6	00:00	0.70	Sukses

Sumber: Data diolah, 2025

Rata-Rata latensi : 0.73 detik

Status Komunikasi: Stabil, Tidak ada packet loss selama pengujian

Kualitas MQTT: Sangat baik (QoS 0 Berhasil tanpa kendala)

Tabel 4
Pengujian Keamanan Data

No	Parameter Pengujian	Hasil	Keterangan
1	Konsistensi payload MQTT	Lolos	Tidak ada perubahan data selama transisi
2	Pacekt Loss	0%	Semua data yang di terima server tanpa kehilangan paket
3	Duplicate message	Tidak ada	Setiap payload di terima sekali sesuai interval
4	Data corruption	Tidak di temukan	Tidak terjadi error pada format Json MQTT
5	Validasi format data	valid	Fornat JSON/telemetry di terima Thingboard tanpa error
6	00:00	0.70	Sukses

Sumber: Data diolah, 2025

Komunikasi data dinilai aman, stabil, dan andal untuk monitoring real-time.

Tampilan Dashboard

Dashboard ThingsBoard menampilkan data arus dan tegangan dalam bentuk grafik garis. Sistem juga dilengkapi indikator warna untuk menunjukkan status normal, overvoltage, dan overcurrent. Ketika batas maksimum tercapai (tegangan >550 V atau arus >40 A), sistem otomatis mengirimkan notifikasi ke Telegram pengguna.

Tabel 5
Komponen Dashboard

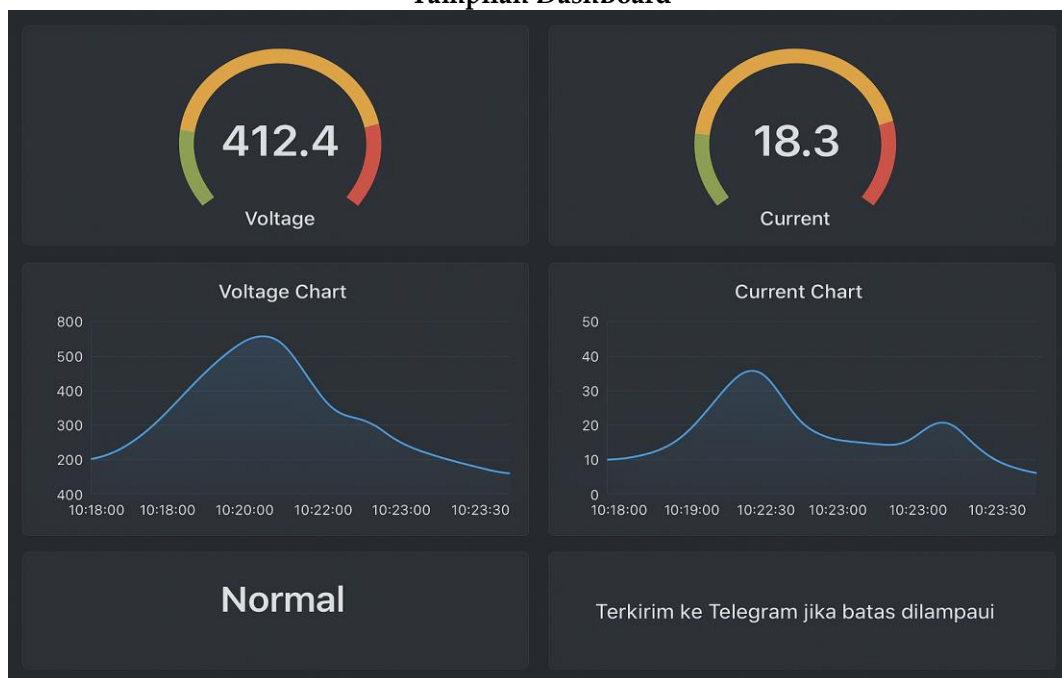
Komponen	Keterangan
Gauge Tegangan	Menampilkan nilai tegangan real-time (0-600 V)
Gauge Arus	Menampilka nilai arus real-time (0-50 A)
Line chart Tegangan	Grafik pergerakan Tegangan per waktu

Line chart Arus	Grafik pergerakan arus per waktu
Status indicator	Menunjukkan Status normal/Overvoltage/Overcurrent
Notifikasi telegram	Muncul jika tegangan >550V atau arus > 40A

Tabel 5
Komponen dashboard

Timestamp	Tegangan (v)	Arus(A)	Status
10:21:03	412.4	18.3	Normal
10:21:08	415.1	19.1	Normal
10:22:15	554.9	39.2	OverVoltage
10:22:20	558.1	41.0	OverVoltage + OverCurrent
10:23:00	498.3	22.5	Normal

Gambar 1
Tampilan DashBoard



Sumber: Data diolah, 2025

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pemantauan arus dan tegangan tinggi pada sistem hybrid panel surya berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem yang dibuat mampu membaca tegangan hingga 600 V DC dan arus hingga 50 A dengan tingkat kesalahan kurang dari 2,5%. Integrasi IoT melalui protokol MQTT dan platform ThingsBoard memungkinkan pemantauan jarak jauh yang andal dan efisien. Ke depannya, pengembangan

sistem dapat diarahkan pada integrasi dengan aplikasi mobile, peningkatan kapasitas sensor, serta penambahan fitur keamanan data agar sistem lebih komprehensif dan adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allegro Microsystems (2023) ACS758 Hall-Effect Current Sensor Datasheet. Allegro Microsystems.
- Dharmawan, A.D., et al. (2022) 'Implementasi sistem monitoring panel listrik', *Elektriese Journal*, 12(2).
- Erwanto, D., Widhining, T.K. and Sugiarto (2020) 'Sistem pemantauan arus dan tegangan panel surya berbasis Internet of Things', *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, 14(1).
- Gunawan, G. and Sutabri, T. (2025) 'Analisis keamanan data dan privasi dalam penggunaan metaverse di Indonesia', *Journal Sains Student Research (JSSR)*, 3(2).
- Hasan, S.R. (2024) 'Implementasi MQTT untuk sistem monitoring tenaga listrik', *Jurnal Teknologi Elektro Terapan*, 10(1).
- Hidayah, A.A. and Amperawan (2025) 'Monitoring arus dan tegangan lampu jalan berbasis IoT', *Jurnal Teliska*.
- Hidayat, S. (2023) *Teknologi IoT untuk sistem energi cerdas*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Julian, D., Sutabri, T. and Negara, E.S. (2023) 'Perancangan UI/UX aplikasi forum diskusi mahasiswa Universitas Bina Darma dengan menerapkan metode design thinking', *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)*, 6(1).
- Mungkin, M., et al. (2021) 'Pemantauan panel surya polycrystalline berbasis IoT', *INTECOMS Journal*.
- Nugroho, A. and Santoso, R. (2024) 'Rancang bangun monitoring panel surya menggunakan ESP32 dan Blynk', *Jurnal Energi dan Otomasi*, 9(2).
- Puspitasari, D. and Sutabri, T. (2024) 'Analisis sentimen berdasarkan Twitter (X) terhadap layanan Indihome menggunakan algoritma support vector machine (SVM)', *JUMINTAL: Jurnal Manajemen Informatika dan Bisnis Digital*, 3(2).
- Saputra, T. and Sutabri, T. (2024) 'Analisis teknologi 5G dalam mendukung pembelajaran daring', *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 2(4).
- Sari, L.O., Saputra, M.F.E. and Safrianti, E. (2024) 'Sistem monitoring arus listrik berbasis Internet of Things (IoT) pada solar panel', *MALCOM Journal*, 4(1).
- Texas Instruments (2022) AMC1100 Isolated Amplifier Datasheet. Texas Instruments.
- Wijayanto, D., et al. (2022) 'Rancang bangun monitoring arus dan tegangan PLTS on-grid berbasis IoT', *Jurnal Teknik Elektro*, 11(3).