

Implementasi Arduino Uno Untuk Kontrol Pengisian Baterai Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Nur Effendi Anwar¹, Rosnita Rauf^{2*}, Veny Selviyanti³

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Batam, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Ekasakti, Indonesia

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Ekasakti, Indonesia

Email Corespondent*: ekasakti5974@gmail.com

Abstract

The sustained increase in electricity demand is driving the utilization of renewable energy, one of which is solar energy. In a Solar Power Plant (PLTS) system, battery charging is a crucial aspect because it determines the efficiency of energy storage and the longevity of the battery. This research discusses the implementation of Arduino Uno as a controller for the battery charging process in a solar power system, utilizing voltage and current sensors to monitor battery conditions in real-time. Arduino Uno is programmed to regulate the charging process according to the float charging and cut-off charging voltage limits. The test results show that the system is able to maintain the charging voltage within the safe range of 12.0–14.4 V, and prevent overcharging which could potentially damage the battery. This implementation is considered effective, simple, and economical for household or educational applications. Additionally, this microcontroller-based control system offers high flexibility as the program can be modified according to battery capacity and user needs. This research also shows that integrating Arduino Uno with simple sensors can be an alternative solution for developing a local charge controller that is cheaper than commercial products. Thus, the results of this research are expected to contribute to efforts to increase the utilization of solar energy in society while also supporting the sustainable development of renewable energy technology.

Keywords: Arduino uno, Battery, Charging control, Solar energy, Solar Power Plant (PLTS)

Abstrak

Peningkatan kebutuhan energi listrik yang berkelanjutan mendorong pemanfaatan energi terbarukan, salah satunya adalah energi surya. Pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), pengisian baterai merupakan aspek krusial karena menentukan efisiensi penyimpanan energi dan keawetan baterai. Penelitian ini membahas implementasi Arduino Uno sebagai pengendali proses pengisian baterai pada sistem PLTS dengan memanfaatkan sensor tegangan dan arus untuk memantau kondisi baterai secara real-time. Arduino Uno diprogram untuk mengatur proses pengisian sesuai dengan batasan tegangan float charging dan cut-off charging. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga tegangan pengisian dalam rentang aman 12.0–14.4 V, serta mencegah overcharging yang berpotensi merusak baterai. Implementasi ini dinilai efektif, sederhana, dan ekonomis untuk skala rumah tangga atau aplikasi pendidikan. Selain itu, sistem kontrol berbasis mikrokontroler ini memberikan fleksibilitas tinggi karena program dapat dimodifikasi sesuai kapasitas baterai maupun kebutuhan pengguna. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa integrasi Arduino Uno dengan sensor sederhana dapat menjadi alternatif solusi pengembangan charge controller lokal yang lebih murah dibandingkan produk komersial. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada upaya peningkatan pemanfaatan energi surya di masyarakat sekaligus mendukung pengembangan teknologi energi terbarukan yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Arduino uno, Baterai, Energi surya, Kontrol pengisian, PLTS

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring perkembangan teknologi

dan populasi manusia. Namun, ketergantungan pada energi fosil menyebabkan masalah lingkungan seperti

emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara. Oleh karena itu, energi terbarukan menjadi solusi alternatif yang berkelanjutan. Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial adalah energi surya karena ketersediaannya melimpah, ramah lingkungan, dan dapat dimanfaatkan melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (Krismadinata et al., 2025).

Pada sistem PLTS, energi listrik yang dihasilkan panel surya disimpan ke dalam baterai sebelum digunakan untuk beban. Proses pengisian baterai harus dikontrol agar tidak terjadi *overcharging* maupun *deep discharging*, karena keduanya dapat menurunkan umur pakai baterai. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem kontrol pengisian yang handal, ekonomis, dan mudah diimplementasikan (Hraich & Haddi, 2025). Arduino Uno sebagai mikrokontroler berbasis ATmega328P menawarkan fleksibilitas tinggi dalam pengembangan sistem monitoring dan kontrol. Dengan integrasi sensor tegangan, arus, serta relay, Arduino dapat diprogram untuk menjaga tegangan pengisian baterai tetap dalam batas aman (Novac et al., 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan Arduino Uno sebagai kontrol pengisian baterai pada sistem PLTS skala kecil, serta menganalisis kinerja sistem dalam menjaga kestabilan tegangan dan arus pengisian.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen lapangan (field

experiment) dengan metode kuantitatif. Tujuan utamanya adalah untuk menguji kinerja sistem pembangkit listrik tenaga surya skala kecil yang dikendalikan oleh Arduino Uno dalam proses pengisian baterai. Pendekatan lapangan dipilih karena memungkinkan pengujian langsung di bawah kondisi radiasi matahari nyata, sehingga hasil yang diperoleh lebih representatif terhadap performa sistem pada lingkungan sesungguhnya (Parthasarathy dan Vijayaraj 2020).

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian lapangan ini antara lain:

1. Panel Surya berkapasitas 50–100 Wp sebagai sumber energi utama.
2. Baterai 12 V tipe VRLA/AGM sebagai media penyimpanan energi listrik.
3. Arduino Uno sebagai pengendali utama sistem pengisian.
4. Sensor tegangan (voltage divider) dan sensor arus ACS712 untuk pemantauan parameter kelistrikan.
5. Relay/MOSFET sebagai aktuator penghubung dan pemutus arus pengisian.
6. Beban DC (lampu LED, kipas DC, atau beban simulasi).
7. Inverter DC–AC (jika diperlukan untuk menguji beban AC).
8. Peralatan ukur seperti multimeter digital, clamp meter, dan laptop untuk pencatatan data serta pemrograman.

Tahapan penelitian lapangan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Persiapan

Tahap awal meliputi studi literatur, penentuan lokasi penelitian, serta

perancangan sistem. Pada tahap ini dilakukan pemrograman Arduino Uno sesuai algoritma kontrol pengisian, yaitu pengaturan relay berdasarkan tegangan ambang batas (cut-off charging).

2. Instalasi Sistem

Panel surya dipasang pada area terbuka dengan sudut kemiringan sesuai lintang geografis Kota Batam untuk memperoleh radiasi optimal. Komponen sistem kemudian dirangkai sesuai diagram satu garis: panel surya → sensor → Arduino Uno → relay → baterai → beban. Setelah itu dilakukan uji fungsi awal guna memastikan sistem bekerja sesuai rancangan.

3. Pengambilan Data

Pengambilan data lapangan dilakukan secara periodik setiap 30 menit. Parameter yang diukur meliputi: Tegangan panel surya (V), Arus panel surya (A), Tegangan baterai (V), Arus pengisian baterai (A), Status relay (ON/OFF), Kondisi cuaca pada saat pengukuran.

Pencatatan dilakukan sepanjang hari untuk mendapatkan variasi data dari pagi hingga sore.

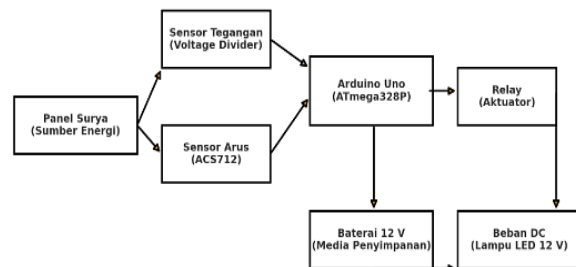
4. Pengolahan Data

Data lapangan disusun dalam bentuk tabel kemudian divisualisasikan dalam grafik:

- Tegangan vs Waktu untuk menunjukkan pola pengisian baterai.
- Arus vs Waktu untuk memperlihatkan karakteristik arus pengisian.
- Status Relay vs Waktu untuk memverifikasi efektivitas kontrol Arduino.

5. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan membandingkan pola pengisian terhadap karakteristik teoritis baterai (constant current – constant voltage – cut-off). Selanjutnya dilakukan perhitungan energi yang masuk ke baterai (Wh) serta efisiensi sistem. Analisis juga mencakup evaluasi respon kontrol Arduino terhadap variasi radiasi matahari dan beban. Pola ini dapat dilihat pada gambar 3, yaitu blok diagram pada sistem.



Gambar 3. Diagram blok sistem

Sistem terdiri atas:

1. Panel Surya → sumber energi utama
2. Sensor Tegangan (Voltage Divider) & Sensor Arus (ACS712)
3. Arduino Uno sebagai pusat kontrol
4. Relay sebagai aktuator switching
5. Baterai 12 V sebagai media penyimpanan
6. Beban DC (lampu LED 12 V)

Alur Kerja Sistem

Berikut alur kerja system pembangkit tenaga surya, ada pada gambar 4, dan sekaligus penjelasannya.



Gambar 4. Alur system pembangkit tenaga surya

1. Panel Surya (Solar Panel)
 - a. Panel surya menangkap energi cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik DC (arus searah).
 - b. Tegangan dan arus yang dihasilkan tergantung intensitas cahaya matahari.
 2. Arduino Uno – Kontrol Pengisian Baterai
 - a. Arduino Uno berperan sebagai pengendali cerdas dalam proses pengisian baterai.
 - b. Arduino menerima data dari sensor tegangan dan arus (misalnya sensor tegangan menggunakan voltage divider dan sensor arus ACS712).
 - c. Berdasarkan data tersebut, Arduino memutuskan kapan baterai boleh diisi, kapan harus dihentikan (untuk mencegah overcharging), dan kapan harus mengalihkan daya ke beban.
 - d. Relay atau MOSFET biasanya digunakan sebagai aktuator switching untuk menghubungkan atau memutuskan arus pengisian.
 - e. Panel surya menghasilkan arus DC.
 - f. Sensor tegangan dan arus mengukur kondisi baterai.
 - g. Arduino Uno membaca data sensor dan membandingkan dengan batas tegangan aman (12–14,4 V).
 - h. Jika tegangan mencapai batas maksimum (14,4 V), Arduino memutuskan pengisian (relay OFF).
 - i. Jika tegangan turun ke bawah 12 V, Arduino mengaktifkan kembali pengisian (relay ON).
 3. Baterai
 - a. Baterai berfungsi sebagai media penyimpanan energi.
 - b. Energi listrik yang dihasilkan panel surya disimpan dalam baterai.
 - c. Saat malam hari atau cuaca mendung, listrik tetap bisa dipasok dari baterai ke beban.
 4. Beban (Rumah/Gedung)
 - a. Energi yang tersimpan di baterai dialirkan ke rumah/gedung.
 - b. Jika menggunakan peralatan DC (lampu LED DC, kipas DC, dsb.), bisa langsung dipakai.
 - c. Jika peralatan adalah AC (220 V), maka dibutuhkan inverter untuk mengubah tegangan DC dari baterai menjadi AC.
 5. Single Line Diagram (Diagram Satu Garis)
 - a. Aliran daya: Panel Surya → Inverter → Baterai → Beban (Rumah/Gedung).
 - b. Diagram tersebut menunjukkan urutan aliran energi listrik dari sumber (matahari) sampai ke pemakaian.
- Perangkat Keras dan Perangkat Lunak**
- Perangkat keras dan lunak dapat diartikan masing-masingnya :
1. Perangkat keras : Arduino Uno, sensor ACS712, relay, panel surya 50 Wp, baterai 12 V 7,5 Ah.
 2. Perangkat lunak: Arduino IDE untuk pemrograman, Excel/MATLAB untuk analisis data.
- HASIL DAN PEMBAHASAN**
- Hasil Pengujian Tegangan**
- Pengujian dilakukan pada baterai 12 V dengan kondisi awal 11.8 V. Sistem kontrol Arduino berhasil menaikkan tegangan hingga

batas maksimum 14.4 V, lalu memutus pengisian untuk mencegah overcharging.

Tabel 1. Hasil Monitoring Tegangan Baterai

Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Status Relay
0	11,8	2,1	ON
30	12,5	1,9	ON
60	13,2	1,5	ON
90	13,8	1,1	ON
120	14,4	0,8	OFF

Jika dilihat dalam bentuk grafik, maka grafik ini dapat dilihat pada gambar 5, yaitu korelasi antara arus, tegangan dan waktu.

Dari grafik tersebut, dapat dianalisa bahwa:

- Arduino Uno mampu menjaga tegangan pengisian dalam rentang aman.
- Sistem otomatis mencegah overcharging dengan memutus pengisian saat tegangan mencapai 14,4 V.
- Ketika tegangan turun kembali di bawah 12 V akibat beban, sistem secara otomatis mengaktifkan kembali pengisian.
- Efisiensi meningkat dibandingkan sistem tanpa kontrol, karena umur baterai lebih terjaga.

Keunggulan Sistem

- Biaya rendah karena menggunakan Arduino Uno yang mudah didapat.
- Fleksibilitas tinggi untuk pengembangan lebih lanjut (misalnya integrasi IoT).
- Cocok digunakan untuk aplikasi rumah tangga skala kecil.



Gambar 5. Grafik tegangan, arus dan waktu

Perangkat lunak: Arduino IDE untuk pemrograman, Excel/MATLAB untuk analisis data

KESIMPULAN

Implementasi Arduino Uno sebagai kontrol pengisian baterai pada sistem PLTS terbukti efektif dalam menjaga tegangan pengisian dalam batas aman (12–14.4 V). Sistem dapat mencegah overcharging dan memperpanjang umur pakai baterai.

Disarankan untuk pengembangan lebih lanjut adalah integrasi sistem dengan modul komunikasi IoT (ESP8266/ESP32) sehingga monitoring dapat dilakukan secara real-time melalui perangkat mobile, serta penerapan algoritma Maximum Power Point Tracking (MPPT) untuk meningkatkan efisiensi pengisian baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- Akarne, Y., Essadki, A., Nasser, T., Annoukoubi, M., & Charadi, S. (2025). Optimized control of grid-connected photovoltaic systems: Robust PI controller based on sparrow search algorithm for smart microgrid application. *Global Energy Interconnection*, 8(4), 523–536. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2025.05.004>
- Dai, X., Wang, H., Wu, H., Pan, Y., Luo, D., Ahmed, A., & Zhang, Z. (2022). A hybrid energy harvesting system for self-powered applications in shared bicycles. In *Sustainable Energy Technologies and Assessments* (Vol. 51). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101891>
- Ghorashi Khalil Abadi, S. A., & Bidram, A. (2021). A distributed rule-based power management strategy in a photovoltaic/hybrid energy storage

- based on an active compensation filtering technique. In *IET Renewable Power Generation* (Vol. 15, Issue 15, pp. 3688–3703). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1049/rpg2.12263>
- Hraich, A., & Haddi, A. (2025). Energy optimization and digitization of the PV energy balance between production and consumption. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100883>
- Khan, M. S., Haque, A., & Bharath, K. V. S. (2019). Real-Time Solar inverter Parameter Monitoring for Photovoltaic Systems. *Int. Conf. Power Electron., Control Autom., ICPECA - Proc.*, 2019-November. <https://doi.org/10.1109/ICPECA47973.2019.8975519>
- Krismadinata, Anggraini, S., Asnil, Mulya, R., Syafii, & Fahmi. (2025). Design and Implementation of Photovoltaic Emulator for Testing of Photovoltaic Energy Conversion System. *SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 12(4), 191–200. <https://doi.org/10.14445/23488379/IJE-EE-V12I4P113>
- Lestari, D., Handayani, A. N., & Dwijayanti, N. M. (2022). Buck Converter Output Voltage Control System Using Proportional Integral Differential Method on Solar Cell Battery Charging. *Frontier Energy System and Power Engineering*, 4(2), 35–41. <https://doi.org/10.17977/um049v4i2p35-41>
- Mishra, S., Saini, G., Saha, S., Chauhan, A., Kumar, A., & Maity, S. (2022). A survey on multi-criterion decision parameters, integration layout, storage technologies, sizing methodologies and control strategies for integrated renewable energy system. In *Sustainable Energy Technologies and Assessments* (Vol. 52). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102246>
- Nikrad, S., Salpe, V., Anantwar, H., Taklikar, B., & Chavan, A. (2023). Implementation of a Battery Charging System with Overcharging Protection using Arduino. 2023 *IEEE International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER)*, 141–144. <https://doi.org/10.1109/DISCOVER58830.2023.10316707>
- Novac, C.-M., Codrean, M., Codrean, M., Novac, O. C., Gordan, C. E., & Sebesan, R. (2025). Development of an Artificial Intelligence-Enhanced Arduino-Based Photovoltaic Tracking System for Optimized Energy Efficiency. *Proc. Int. Conf. Electron., Comput. Artif. Intell., ECAI*. Proceedings of the 2025 17th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2025. <https://doi.org/10.1109/ECAI65401.2025.11095470>
- Parthasarathy, K., & Vijayaraj, S. (2020). An overview of battery charging methods, charge controllers, and design of MPPT controller based on adruino nano for solar renewable storage energy system. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 9.
- Prinada, Y. (2022, Oktober). Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Komponen PLTS. *tirto.id*. <https://tirto.id/cara-kerja-pembangkit-listrik-tenaga-surya-dan-komponen-plts-gxHg>
- Rismansyah, M., & Nazir, R. (2016). Pengaturan Keseimbangan Pengisian dan Pengosongan Baterai Asam Timbal. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(2), 192–197. <https://doi.org/10.25077/jnte.v5n2.265.2016>

- Romero-Cadaval, E., Spagnuolo, G., Franquelo, L. G., Ramos-Paja, C. A., Suntio, T., & Xiao, W. M. (2013). Grid-Connected Photovoltaic Generation Plants: Components and Operation. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 7(3), 6–20. <https://doi.org/10.1109/MIE.2013.2264540>
- Suresh, E., Kumarraja, A., Bhanu Chander, Y., Srinivas, V., Kusuma, G., & Syamnaresh, G. (2025). Optimizing Solar-Powered Electric Vehicle Charging Stations: A Smart Battery Management System with IoT Monitoring. *Smart Innov. Syst. Technol.*, 114 *SIST*, 355–366. https://doi.org/10.1007/978-981-96-4718-7_31.