

Optimasi Efisiensi Solar Cell Melalui Solar Tracking dan Sistem Monitoring Pada Proteksi Energi Listrik

Mas Ahmad Baihaqi^{*1}, Hartawan Abdillah², Ahmad Izzuddin³, Tamam Asrori⁴, Alief Muhammad⁵, Dani Hari Tunggal Prasettio⁶

^{1,2}Teknik Elektro, Teknik dan Informatika, Universitas Panca Marga, 67271, Indonesia.

^{3,4}Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Panca Marga, 67271, Indonesia.

⁵Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Panca Marga, 67271, Indonesia.

⁶Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, 67271, Indonesia

^{**1}baihaqi@upm.ac.id, ²hartawanabdillah@upm.ac.id, ³ahmad.izzuddin@upm.ac.id,

⁴tamam.asrori@upm.ac.id, ⁵aliefmuhammad@upm.ac.id, ⁶dani.hari59@gmail.com

****Corresponding Author:** ^{**} baihaqi@upm.ac.id

ABSTRACT

This research aims to design and develop an advanced monitoring system for solar cells, incorporating solar tracking technology and equipped with an energy storage protection system. In Indonesia, the substantial potential of solar energy remains underutilized, despite the country's advantageous equatorial location, which provides a solar radiation intensity averaging 4.5 kWh/m² per day. The proposed system in this study seeks to maximize solar energy capture by employing a tracking mechanism that aligns the solar cells with the direction of sunlight throughout the day. Additionally, the system is designed with an integrated protection feature to prevent battery overuse, thereby extending the battery's lifespan and ensuring efficient energy storage. The research utilizes an Arduino Uno microcontroller, Light Dependent Resistor (LDR) sensors, and an INA219 sensor module as the primary components for accurate measurement and real-time monitoring. The system's effectiveness is evaluated based on its ability to optimize solar energy reception and maintain the longevity and efficiency of the energy storage system. Experimental results demonstrate that the developed system significantly improves the efficiency of solar energy capture by the solar cells and provides robust protection for the energy storage mechanism. This study contributes to the field of renewable energy by offering a practical solution for enhancing solar energy utilization in regions with high solar irradiance, thus promoting sustainable energy practices and reducing dependence on non-renewable energy sources.

Keywords: INA219 Sensor Module, Efficiency, Energy Storage Protection, Light Dependent Resistor (LDR).

1. PENDAHULUAN

Energi matahari [1] merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling melimpah dan berpotensi besar untuk dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan energi global. Terletak di garis khatulistiwa, Indonesia memiliki keunggulan geografis dengan intensitas radiasi

- Merancang sistem monitoring dan tracking solar cell yang terdiri dari beberapa komponen utama: mikrokontroler Arduino Uno, sensor LDR (Light Dependent Resistor), dan modul sensor INA219. Merancang rangkaian elektronik untuk integrasi sensor, mikrokontroler, dan komponen pendukung lainnya.
- Mengembangkan algoritma kontrol untuk sistem tracking yang dapat mengoptimalkan orientasi panel surya terhadap posisi matahari.

Implementasi Prototype

- Merakit komponen hardware sesuai dengan desain yang telah dibuat.
- Mengimplementasikan algoritma kontrol pada mikrokontroler Arduino Uno.
- Menguji dan mengkalibrasi sensor LDR untuk memastikan akurasi pengukuran intensitas cahaya.

Pengujian Sistem

- Menguji kinerja sistem monitoring dengan mengumpulkan data real-time tentang intensitas cahaya, tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya.
- Menguji sistem tracking dengan mengamati perubahan posisi panel surya sesuai dengan pergerakan matahari.
- Menguji sistem proteksi penyimpanan energi dengan memantau kondisi baterai selama proses pengisian dan pengosongan.

Analisis Data

- Menganalisis data yang diperoleh dari hasil pengujian untuk mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.
- Membandingkan efisiensi energi yang dihasilkan oleh panel surya dengan dan tanpa sistem tracking.
- Mengevaluasi efektivitas sistem proteksi dalam menjaga umur dan kinerja baterai.

Variabel Penelitian

- Menganalisis hasil *monitoring* berdasarkan sudut kemiringan 30° , 65° , 110° , 145° .
- Membandingkan nilai tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya pada kondisi jam 07:00-16:00 WIB.
- Mengevaluasi efektivitas sistem proteksi dengan menghitung nilai rata-rata pada *solar tracking*.

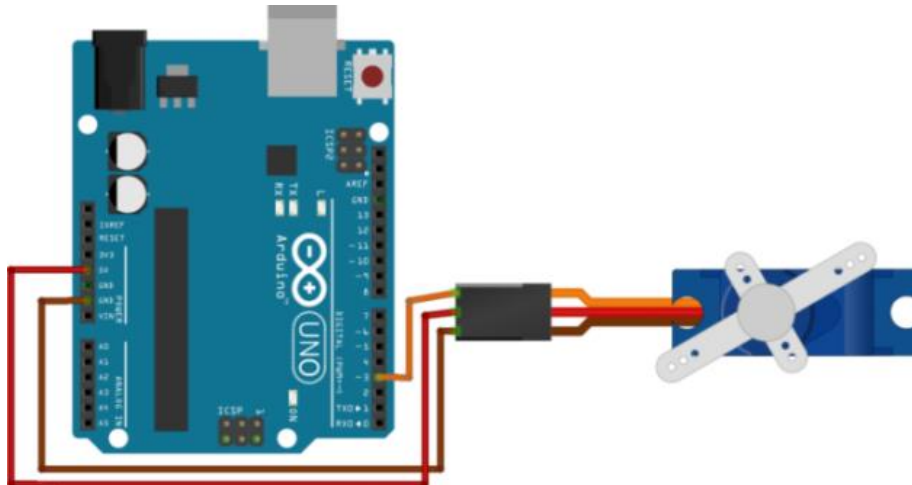
3. HASIL

a. Implementasi Sistem

Dengan menerapkannya sistem monitoring solar cell berbasis solar tracking dan sistem proteksi pada penyimpanan energi listrik dengan menggunakan Arduino Uno. Penggunaan sistem monitoring pada solar cell akan lebih memudahkan pemantauan nilai yang dihasilkan oleh penggunaannya. Pemakaian solar tracking dapat membantu pada penerimaan cahaya matahari lebih optimal yang selalu mengikuti arah sinar matahari, semakin besar intensitas cahaya matahari yang ditangkap oleh solar cell, maka semakin besar daya yang dihasilkan.

d. Rangkaian Motor Servo

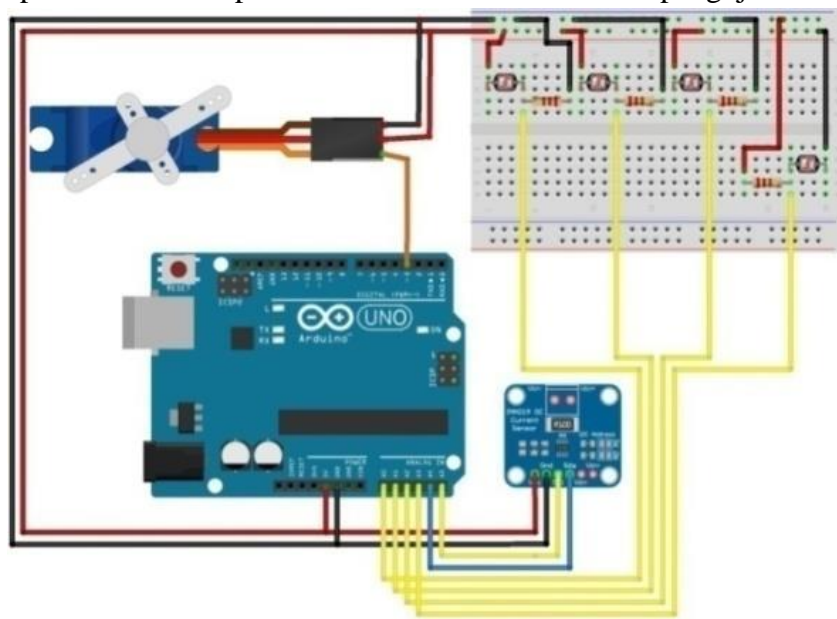
Motor servo adalah perangkat listrik atau aktuator putar yang menggunakan sistem closed loop, sehingga dapat di-setup atau diatur untuk menentukan posisi sudut dari poros output motor. Pada sistem ini motor servo difungsikan menggerakkan solar cell supaya sesuai arah sinar matahari yang lebih optimal. Rangkaian motor servo ini menggunakan pin digital pada motor servo dihubungkan ke pin 3, Vcc dihubungkan ke 5V serta GND dengan GND.



Gambar 3. Rangkaian Motor Servo

e. Konfigurasi Pin Keseluruhan Sistem

Konfigurasi pin keseluruhan sistem adalah pengujian dari semua komponen yang terkonfigurasi dengan benar. Konfigurasi tersebut terdiri dari sensor LDR (Light Dependent Resistor), modul sensor INA219, sebagai input dan motor servo sebagai output. Setelah semua komponen terkonfigurasi ke dalam Arduino Uno maka akan dilanjutkan dengan penanaman kode program pada semua komponen tersebut untuk melakukan pengujian semua sistem.



Gambar 4. Konfigurasi Pin Keseluruhan Sistem

energi solar cell. Nilai daya yang lebih tinggi pada siang hari mengindikasikan bahwa solar tracking efektif dalam meningkatkan jumlah energi yang dihasilkan.

e. Keunggulan Sistem Solar Tracking

4. **Optimalisasi Penyerapan Energi:** Dengan mengikuti pergerakan matahari, solar cell dapat menyerap energi matahari secara maksimal sepanjang hari.
5. **Peningkatan Efisiensi:** Sistem ini meningkatkan efisiensi konversi energi matahari menjadi listrik, yang sangat penting untuk aplikasi yang membutuhkan daya yang konsisten dan tinggi.
6. **Pengurangan Fluktuasi Daya:** Solar tracking membantu mengurangi fluktuasi daya yang dihasilkan oleh solar cell, sehingga sistem penyimpanan energi dapat bekerja lebih efisien.

f. Implikasi pada Sistem Penyimpanan Energi

Salah satu aspek penting dari penelitian ini adalah proteksi sistem penyimpanan energi. Dengan output daya yang lebih konsisten dan tinggi dari solar cell yang menggunakan solar tracking, sistem penyimpanan energi dapat dioptimalkan. Proteksi ini penting untuk mencegah overcharging dan overdischarging yang dapat merusak baterai dan mengurangi umur pemakaiannya.

g. Pengujian Sistem Penyimpanan Energi

Pengujian pada sistem penyimpanan energi listrik bertujuan untuk melindungi baterai dari kerusakan akibat overcharging dan overdischarging. Modul M604 yang digunakan dalam pengujian ini berperan penting dalam mengatur tegangan baterai untuk memastikan baterai tidak terlalu terisi atau terlalu kosong, yang dapat merusak sel baterai dan mengurangi umur pemakaiannya.

5. KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi solar tracking pada solar cell tidak hanya meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan, tetapi juga mendukung optimalisasi sistem penyimpanan energi. Dengan mempertahankan tegangan, arus, dan daya pada tingkat yang lebih stabil dan tinggi sepanjang hari, sistem solar tracking membantu dalam menjaga konsistensi daya yang masuk ke sistem penyimpanan energi. Hal ini krusial untuk memastikan baterai beroperasi dalam rentang tegangan yang aman, menghindari kerusakan yang disebabkan oleh kondisi pengisian atau pengosongan yang ekstrem. Implementasi sistem proteksi seperti modul M604 dalam konteks ini sangat penting untuk memperpanjang umur pemakaian baterai, mengurangi biaya penggantian, dan meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, penggunaan solar tracking tidak hanya mengoptimalkan penyerapan energi matahari tetapi juga mendukung keberlanjutan dan efisiensi sistem energi terbarukan secara lebih luas. Implementasi sistem solar tracking di Indonesia, dengan potensi radiasi matahari yang tinggi, dapat menjadi langkah penting dalam memaksimalkan penggunaan energi terbarukan dan mendukung inisiatif keberlanjutan energi di negara ini.

REFERENSI

- [1] B. Budiono, I. B Sulistiawati, and N. P. Agustini, "Penggunaan NRF24L01 Untuk Monitoring Data Pada PLTS Kapasitas 309 WP," *J. FORTECH*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.56795/fortech.v4i1.4101.
- [2] M. R. Al Haqq, I. Chlissodin, and A. A. Soebroto, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya dalam Kondisi Berbayang Sebagian dengan Particle Swarm Optimization (PSO)," *Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 8, pp. 3524–3537, 2021.
- [3] H. Abdillah, T. Asrori, M. A. Baihaqi, D. H. T. Prasetyo, and A. Muhammad, "Sistem Monitoring dan Manajemen Energi pada Pembangkit Hybrid PLTS, PLTB, dan PLN berbasis Internet of Things," *JASIEK (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. dan Komputer)*, vol. 5, no. 2, pp. 41–50, 2023, doi: 10.26905/jasiek.v5i2.10920.
- [4] R. A. Diantari, S. Rahayu, and R. Okvasari, "Analisis Instalasi Listrik Menggunakan Pembangkit Listrik Surya Skala Rumah Tangga," *J. Ilm. Sutet*, vol. 8, no. 2, pp. 122–128, 2018.
- [5] E. Unit Three Kartini, Bambang Suprianto, "Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 3, pp. 371–378, 2022.
- [6] H. Abdillah, A. N. Afandi, Aripriharta, Y. Rahmawati, M. Z. Falah, and G. Fujita, "Monitoring the potential of horizontal axis wind power plants based on the internet of things," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2926, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: 10.1063/5.0183360.
- [7] Fransiscus Xaverius Ariwibisono and Widodo Pudji Muljanto, "Implementasi Sistem Monitoring Produksi Energi Plts Berbasis Protokol Modbus Rtu Dan Modbus Tcp," *Nuansa Inform.*, vol. 17, no. 2, pp. 109–118, 2023, doi: 10.25134/ilkom.v17i2.28.
- [8] D. Liestyowati, I. Rachman, E. Firmansyah, and Mujiburrohman, "Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berkapasitas 100 WP dengan Inverter 1000 Watt," *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 5, pp. 623–634, 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i5.1027.
- [9] R. Sunky and R. Mukhaiyar, "Implementasi Web SCADA Pada Sistem PLTS," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 792–798, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.510.
- [10] Safri Nahela, Ivan Fauzi Faridyan, Noviadi Arief Rachman, Agus Risdiyanto, and Bambang Susanto, "Analisa Unjuk Kerja Grid Tied Inverter Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada PLTS On Grid," *Elkha*, vol. 11, no. 2, pp. 60–65, 2019.
- [11] M. Farhan Fernanda *et al.*, "Penentuan Komponen Sistem PLTS 100 Wp pada Floating Photovoltaic sebagai Sumber Energi Lampu Penerangan 20 W Pada Kolam Politeknik Negeri Jakarta," *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 171–180, 2021.
- [12] Y. Afrida, Jeckson, and D. Feriyanto, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya on Grid," *Aisyah J. Informatcs Electr. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 74–77, 2022.
- [13] Lisiani, A. Razikin, and Syaifurrahman, "Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi)," *J. Untan*, vol. 1, no. 3, pp. 1–9, 2020.
- [14] S. Azmi, Y. Away, and I. Devi Sara, "Kajian Aspek Kecepatan dan Ketepatan pada Sun Tracker Dua Sumbu Berbasis Sensor Berbentuk Tetrahedron," *J. Rekayasa Elektr.*, vol.

- 15, no. 2, Sep. 2019, doi: 10.17529/jre.v15i2.13546.
- [15] J. Rezkyanzah, L. P. Purba, and C. A. Putra, "Perancangan Solar Tracker Berbasis Arduino Sebagai Penunjang Sistem Kerja Solar Cell Dalam Penyerapan Energi Matahari," *SCAN J. Teknol. dan Komun.*, vol. XI, no. 2, pp. 55–60, 2016.
- [16] J. Wu, X. Chen, and L. Wang, "Design and Dynamics of a Novel Solar Tracker with Parallel Mechanism," *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, vol. 21, no. 1, pp. 88–97, Feb. 2016, doi: 10.1109/TMECH.2015.2446994.
- [17] Y. R. Al-Saadi, M. S. Tapou, A. A. Badi, S. Abdulla, and M. Diykh, "Developing Smart Self Orienting Solar Tracker for Mobile PV Power Generation Systems," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 79090–79099, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3194026.
- [18] C. D. Rodriguez-Gallegos, O. Gandhi, S. K. Panda, and T. Reindl, "On the PV Tracker Performance: Tracking the Sun Versus Tracking the Best Orientation," *IEEE J. Photovoltaics*, vol. 10, no. 5, pp. 1474–1480, Sep. 2020, doi: 10.1109/JPHOTOV.2020.3006994.
- [19] H. Fathabadi, "Novel online sensorless dual-axis sun tracker," *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, vol. 22, no. 1, pp. 321–328, Feb. 2017, doi: 10.1109/TMECH.2016.2611564.
- [20] T. V. Tran and W. Y. Chung, "High-Efficient Energy Harvester with Flexible Solar Panel for a Wearable Sensor Device," *IEEE Sens. J.*, vol. 16, no. 24, pp. 9021–9028, Dec. 2016, doi: 10.1109/JSEN.2016.2616114.
- [21] J. A. Carrasco, F. G. De Quiros, H. Alaves, and M. Navalon, "An analog maximum power point tracker with pulsewidth modulator multiplication for a solar array regulator," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 34, no. 9, pp. 8808–8815, Sep. 2019, doi: 10.1109/TPEL.2018.2886887.