



Perancangan Panel Surya Berbasis *Solar Tracker* Menggunakan Penggerak Bersumber Tenaga *Wind Turbine*

Design of A Solar Panel Based on A Solar Tracker Using A Wind Turbine Powered Drive System

Andika Kusuma Nugroho¹, Ardian Infantono²

^{1,2} Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara

E-mail: andikakn3@gmail.com

Abstract—*Solar energy and wind energy are two major renewable resources with high potential when integrated into a hybrid system. Conventional dual-axis solar tracker systems generally rely on electrical power supplied directly from the photovoltaic (PV) panel, which reduces the net output delivered to the battery. This research proposes the development of a dual-axis solar tracker powered by a small-scale wind turbine, enabling the PV panel to fully contribute its electrical output to battery charging. The system employs LDR sensors for sunlight detection, an Arduino Uno microcontroller, and JGY-370 gear motors for azimuth and elevation tracking. Experimental analysis compares two operational scenarios: (1) the tracker powered by the solar panel and (2) the tracker powered by the wind turbine. Results demonstrate that the wind-powered configuration produces higher net energy, maintains stable panel orientation throughout the day, and increases overall system efficiency.*

Keywords—*Solar tracker, wind turbine, hybrid renewable system, photovoltaic.*

Abstrak—*Energi surya dan energi angin merupakan dua sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar ketika diintegrasikan dalam sistem hybrid. Sistem solar tracker dua sumbu konvensional umumnya mengambil daya dari panel surya, sehingga mengurangi keluaran bersih yang dapat disimpan dalam baterai. Penelitian ini mengusulkan pengembangan solar tracker dua sumbu yang digerakkan oleh turbin angin skala kecil, sehingga seluruh daya listrik dari panel surya dapat dialokasikan sepenuhnya untuk pengisian baterai. Sistem menggunakan sensor LDR sebagai pendeteksi arah cahaya matahari, mikrokontroler Arduino Uno, serta motor JGY-370 sebagai aktuator penggerak. Pengujian dilakukan untuk membandingkan dua kondisi operasi: (1) penggerak solar tracker menggunakan daya panel, dan (2) menggunakan daya turbin angin. Hasil menunjukkan bahwa konfigurasi berbasis turbin angin menghasilkan daya bersih lebih tinggi, stabil dalam mempertahankan orientasi panel, serta meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan.*

Kata Kunci—*Solar tracker, turbin angin, energi hybrid, panel surya.*

**Andika Kusuma Nugroho
E-mail: andikakn3@gmail.com*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi terbarukan semakin meningkat seiring menurunnya ketersediaan energi fosil. Panel surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling banyak digunakan, namun efisiensinya sangat dipengaruhi oleh sudut datang cahaya matahari. Solar tracker dua sumbu digunakan untuk menjaga orientasi panel tetap tegak lurus terhadap arah matahari sepanjang hari. Pada sistem konvensional, penggerak solar tracker membutuhkan daya listrik yang diambil dari panel surya, sehingga mengurangi keluaran energi bersih.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan solar tracker dua sumbu yang digerakkan oleh turbin angin skala kecil. Dengan demikian, energi panel surya dapat digunakan sepenuhnya untuk pengisian baterai. Penelitian ini membandingkan performa sistem antara solar tracker yang menggunakan daya panel dan solar tracker yang menggunakan daya turbin angin.

II. LANDASAN TEORI

A. *Solar Tracker Dual-Axis*

Sistem ini berfungsi untuk mengikuti pergerakan matahari dari timur ke barat (horizontal) dan dari atas ke bawah (vertikal), atau dikenal sebagai sistem pelacak dua sumbu (*dual-axis tracker*). Dengan teknologi ini, posisi panel surya dapat terus menyesuaikan arah cahaya matahari secara optimal, sehingga meningkatkan efisiensi energi secara signifikan.

B. *Konversi Energi*

Proses perubahan dari satu bentuk energi ke bentuk lainnya, misalnya dari energi radiasi matahari menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia. Dalam sistem energi surya, proses konversi ini mengikuti prinsip efisiensi energi. Semakin besar nilai efisiensi yang diperoleh, semakin baik pula kemampuan sistem untuk mengubah energi radiasi menjadi energi listrik yang bermanfaat.

C. *Wind Turbine*

Perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui generator. Prinsip kerja turbin angin didasarkan pada Sistem Konversi Energi Angin (SKEA), di mana energi gerak udara diubah menjadi energi rotasi pada poros turbin, lalu menghasilkan energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Turbin angin dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk menggerakkan motor penggerak solar tracker. Dengan menggunakan tenaga angin sebagai penggerak, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat sepenuhnya disimpan dalam baterai untuk digunakan pada beban utama. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi sistem karena sumber energi untuk aktuator tidak lagi bergantung pada daya dari panel surya, melainkan dari energi angin yang bersifat terbarukan dan tidak mengurangi kapasitas penyimpanan energi utama.

D. Sistem *Hybrid* Energi Surya–Angin

Penerapan sistem pelacak matahari dan integrasi sumber energi lain seperti turbin angin dapat meningkatkan efisiensi konversi karena orientasi panel selalu optimal terhadap sinar matahari. Integrasi energi angin dan matahari meningkatkan kontinuitas suplai energi dan efisiensi sistem. Dengan demikian, konsep energi terbarukan berbasis hybrid, seperti kombinasi antara panel surya dan wind turbine, berpotensi besar untuk meningkatkan kinerja sistem dan mendukung keberlanjutan energi di masa depan.

III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

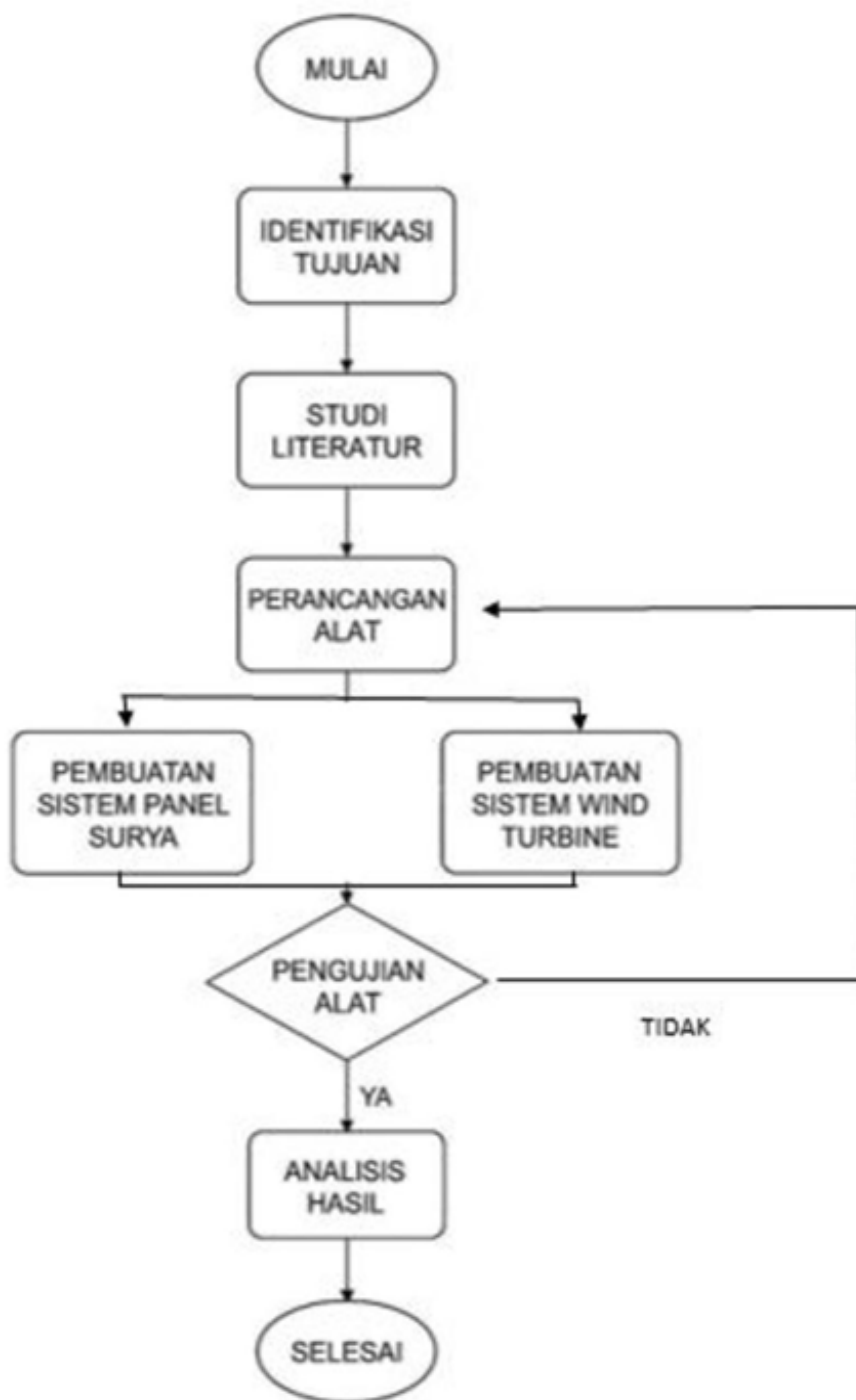
Bab ini menjelaskan langkah-langkah dalam proses perancangan dan pengujian sistem panel surya dengan mekanisme dual axis solar tracker berbasis sensor Light Dependent Resistor (LDR), serta strategi efisiensi energi melalui penggunaan turbin angin sebagai sumber daya untuk aktuator sistem. Penjelasan singkat mengenai tahapan penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

A. *Variabel Penelitian*

1. **Variabel Bebas (*Independent Variable*).** Jenis media yang digunakan yaitu *Intensitas cahaya matahari, arah pergerakan matahari, kecepatan angin (untuk turbin angin)*.
2. **Variabel Terikat (*Dependent Variable*).** Efektivitas sistem pelacak dalam mengarahkan panel ke arah matahari, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya, efisiensi penyimpanan daya pada baterai, kinerja turbin angin dalam menyediakan energi untuk motor stepper.
3. **Variabel Kontrol (*Controlled Variable*).** Yang akan dikontrol dalam penelitian ini meliputi, jenis panel surya yang digunakan, spesifikasi sensor LDR dan motor gearbox, mikrokontroler yang digunakan (misalnya Arduino Uno), ukuran dan beban yang digunakan pada system.

B. Diagram Alir

Diagram alir penyusun penelitian ini digambarkan pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk membandingkan kinerja *solar tracker* menggunakan dua sumber daya penggerak yang berbeda. Parameter yang diamati meliputi daya keluaran panel surya, pergerakan panel terhadap posisi matahari, dan konsumsi energi motor penggerak (Gambar 2).



Gambar 2. Prototipe Alat

B. Pembahasan

Hasil pengujian sistem pada Tabel 1 menunjukkan bahwa penggunaan turbin angin sebagai sumber daya penggerak menghasilkan daya bersih lebih tinggi dibandingkan menggunakan daya panel. Sistem mampu mempertahankan orientasi panel secara stabil sepanjang hari tanpa mengurangi daya listrik yang dihasilkan panel surya.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN SISTEM

Waktu (WIB)	Daya Tanpa Wind Turbine (W)	Daya dengan Wind Turbine (W)
07.00	4.03	5.21
08.00	6.05	7.13
09.00	8.48	8.86
10.00	11.53	12.32
11.00	13.93	14.7
12.00	16.08	16.54
13.00	16.19	16.61
14.00	13.75	14.32
15.00	9.98	11.25
16.00	6.83	8.53
17.00	4.06	5.93
Rata - rata	10,08	11.03

Didapatkan rata rata peningkatan daya = 9.42%. Secara keseluruhan, pengujian ini membuktikan bahwa *wind turbine* mampu berfungsi sebagai penggerak utama untuk servo dalam sistem *solar tracker*, tanpa mengganggu pasokan energi listrik dari panel surya. Dengan demikian, sistem antara energi angin dan energi surya ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi terbarukan secara keseluruhan.

V. KESIMPULAN

Panel surya dapat digerakkan tanpa mengurangi daya keluarannya dengan menggunakan suplai daya terpisah dari *wind turbine*. Sumber energi tambahan ini efektif untuk menggerakkan servo motor sehingga seluruh daya panel tetap dapat digunakan untuk beban utama. Sistem suplai terpisah juga meningkatkan efisiensi karena mengurangi potensi kehilangan energi selama proses pelacakan matahari. Desain *solar tracker* menjaga keluaran daya panel tetap maksimal dengan memanfaatkan sensor LDR sebagai pendeteksi intensitas cahaya. Mikrokontroler *Arduino UNO* mengolah data sensor dan mengatur servo motor agar panel selalu menghadap tegak lurus ke arah matahari. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan efisiensi energi yang signifikan dibandingkan panel statis. Sistem *solar tracker dual-axis* berbasis turbin angin berhasil meningkatkan daya bersih panel surya dan memberikan performa pelacakan yang stabil. Integrasi energi surya dan angin terbukti meningkatkan efisiensi sistem secara signifikan. Sistem ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan pada skala yang lebih besar.

REFERENSI

- [1] Alim, M.S., Thamrin, S. dan W., R.L. (2023) “Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan,” Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN), 4(3), hal. 2427–2435.
- [2] Asmi, J. dan Candra, O. (2020) “Prototype Solar Tracker Dua Sumbu Berbasis Microcontroller Arduino Nano dengan Sensor LDR,” JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional), 6(2), hal. 54.
- [3] Endra, R.Y. et al. (2019) “Model Smart Room Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Untuk Efisiensi Sumber Daya,” Explore: Jurnal Sistem informasi dan telematika, 10(1). Fauzi, A. & Hidayat, M., 2024. Perancangan Sistem Hybrid PLTS dan PLTB Off Grid.
- [4] Hidayanti, D. dan Dewangga, G. (2020) “Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya,” Eksergi, 15(3), hal. 93.
- [5] Hilal, A. dan Manan, S. (2015) “Pemanfaatan Motor Servo Sebagai Penggerak Cctv Untuk Melihat Alat-Alat Monitor Dan Kondisi Pasien Di Ruang Icu,” Gema Teknologi, 17(2), hal. 95–99.
- [6] Huda, A.N. dan Putra, R.G. (2020) “Perancangan Solar Charge Controler Menggunakan Control Proportional Integral Derivative (PID) Pada Prototype Traffic Light (2),” 5(2), hal. 9–15
- [7] Iturralde Carrera, L.A., (2025) “Efficiency and Sustainability in Solar Photovoltaic Systems”. Energies, 6(3), hal. 50. Jonoshita, I., 2024. Energy Conversion Efficiency and Its Improving Methods for Solar Cell. Environmental Science & Ecology. [online] Landsberg, P.T., 1998. Solar Energy Conversion: List of Efficiencies and Some Limits. Solar Energy. [online]
- [8] Maulana, R.P., Maimun dan Syahputra, R. (2022) “Analisis Rancang Bangun Pembangkit Listrik Hybrid (Energi Surya Dan Turbin Angin),” Jurnal Tektro, 06(01), hal. 127–131.
- [9] Mirza, Y. dan Firdaus, A. (2016) “Light Dependent Resistant (Ldr) Sebagai Pendeteksi Warna,” Jupiter, 8, hal. 39–45.
- [10] Parikesit, E., Purwadianto, D. & Sambada, F.A.R. (2017). Pelacak Matahari Dua Sumbu Menggunakan LDR untuk Meningkatkan Absorpsi Matahari. Universitas Indonesia.
- [11] Pardawantara, M., Antony, F. dan Rachmansyah (2023) “Perancangan Sistem Solar Tracking Dual Axis Untuk Optimasi Panel Surya Menggunakan Sensor Ldr Dan Gyroscope Berbasis Internet of Things (Iot),” Journal of Intelligent Networks and IoT Global, 1(2), hal. 98–106.
- [12] Purwoto, B.H., Jatmiko, M.A.F. & Huda, I.F., 2019. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. Emitor: Jurnal Teknik Elektro, 18(1), hal.10 14.
- [14] Pusch, A., 2023. Energy Conversion Efficiency of the Bulk Photovoltaic Effect. PRX Energy. [online]
- [15] Rd. Reyhan Triwibowo, Ignatius R. Mardiyanto dan Mulki R. B Pratama (2024) “Sistem Kontrol Pada Solar Tracker Dual Axis Berbasis Arduino dan Light Dependent Resistor (LDR),” Jurnal Teknik Energi, 13(1), hal. 52–57.
- [16] Rianto, M.A., Sudarti, S. dan Yushardi, Y. (2022) “Analisis Teoritis Penggunaan Jenis Turbin Angin Terhadap Output Daya Listrik,” Jurnal Inovasi Mesin, 4(2), hal. 18–25. Rizki, Maimun & Syahputra, (2022) “PERANCANGAN SISTEM HYBRID PLTS DAN PLTB OFF GRID PADA SKALA RUMAH TINGGAL DI DAERAH PERBUKITAN,” 08, hal. 280–290.
- [17] Rohman, M.M.A. et al. (2025) “Optimasi Daya Keluaran Pada Prototipe AeroSolar Sistem Hybrid Tenaga Surya dan Tenaga Bayu,” 19(1).
- [18] Sarmah, P., 2023. Comprehensive Analysis of Solar Panel Performance and Efficiency. PMC. [online]

- [19] Syahtuta, Z. & Haryanti, M., (2023). "Rancang Bangun Solar Tracker Dual Axis Berbasis IoT (Internet of Things)". *Jurnal Teknologi Informasi*, 12(1), pp.45–52.
- [20] Udoka, V.H., Kiiza, R., Ukagwu, K.J. & Okafor, W., (2024). "Factors Influencing the Efficiency of Solar Energy Systems. *Journal of Engineering*", *Technology & Applied Science*, 6(3), pp.119-131