

Rancang Bangun PLTS Solar Tracker Dual Axis Berbasis IoT Menggunakan ESP32

Hatib Setiana¹⁾, Ajeng Bening Kusumaningtyas²⁾, Reza Maulana³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta

^{2),3)}Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia Depok 16425

Email : hatib.setiana@elektro.pnj.ac.id

Abstrak. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki efisiensi yang relatif rendah yaitu sekitar 15%. Salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi PLTS adalah dengan menerapkan teknologi Solar Tracker agar permukaan panel surya mendapatkan irradiansi maksimal sepanjang hari. Pada penelitian ini dibuat PLTS Solar Tracker Dual Axis menggunakan microcontroller ESP32 sebagai pengendali utama dengan tracking sensor sederhana berupa Light Dependent Resistor (LDR), dimana sensor Light Dependent Resistor (LDR) akan membaca intensitas cahaya yang masuk dari matahari dan motor DC dapat bergerak mengikuti arah datang cahaya matahari. Hasil pengujian solar tracker Dual Axis yang dibuat mendapatkan peningkatan efisiensi sekitar 32%. Untuk mempermudah monitoring, ditambahkan fitur Internet of Things (IoT) yang memiliki keandalan komunikasi yang baik pada interval sampling secara real time penyimpanan ke sistem Cloud sekitar 1 menit dengan waktu tunggu komunikasi rata-rata 2 detik.

Kata kunci: PLTS, Solar Tracker, Dual Axis, ESP32, IoT.

1. Pendahuluan

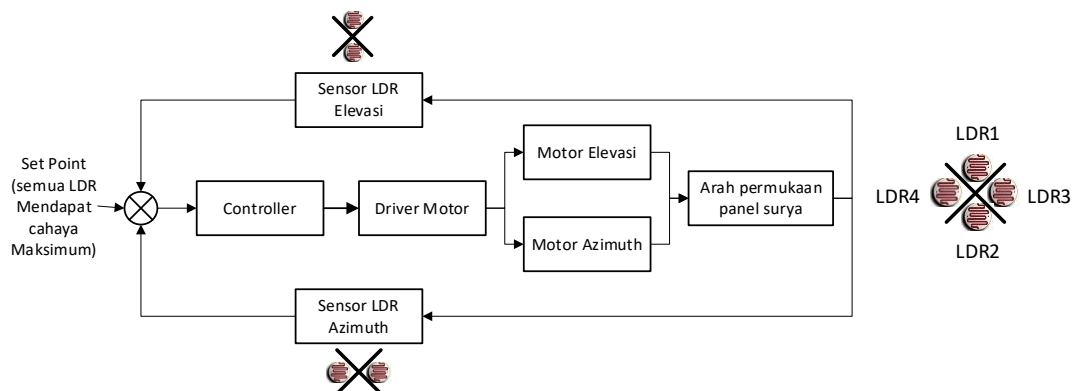
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan perangkat konversi utama panel surya merupakan pembangkit listrik alternatif yang cukup ramah lingkungan dan terbarukan. Saat ini PLTS menjadi alternatif penyedia energi listrik yang cukup andal dan paling banyak digunakan. PLTS yang terpasang di dunia tercatat mencapai 190 GW pada 2022 dengan estimasi perkembangan tahunan mencapai 25% hingga 2030 [1]. Saat ini mayoritas PLTS terpasang secara statis dengan permukaannya dihadapkan kearah langit dengan sudut kemiringan tertentu. PLTS yang terpasang statis memiliki rata-rata efisiensi hingga 15%[2]. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi dari PLTS adalah dengan mengimplementasikan *Solar Tracker* pada PLTS sehingga permukaan panel surya dapat mengikuti arah sinar matahari langsung dan mendapatkan input cahaya yang maksimal. *Solar Tracker* yang paling sederhana memiliki satu sumbu (*single axis*) dimana sumbu elevasi (sumbu gerak vertikal) dari PLTS dapat digerakan mengikuti cahaya matahari. *Solar Tracker Single Axis* dapat meningkatkan efisiensi PLTS hingga 20% [3]. PLTS *Solar Tracker* dapat dimodifikasi dengan menambah sumbu gerak menjadi *dual axis* yaitu dengan menambah sumbu gerak azimuth dari panel surya. Diharapkan dengan menambah sumbu gerak sistem *tracker*, panel surya dapat lebih banyak menambahkan sinar matahari sehingga dapat meningkatkan efisiensi.

Implementasi *Solar Tracker* pada PLTS membuat penambahan komponen-komponen terutama komponen bergerak seperti motor yang dapat menyebabkan meningkatnya pemeliharaan sistem PLTS. Untuk itu perlu dilakukan monitoring secara berkala untuk mendapatkan informasi kondisi komponen yang bisa didapatkan dari nilai parameter input dan output sistem. Monitoring input dan output PLTS dengan juga dapat berguna untuk memantau efisiensi sistem untuk studi energi [4]. Untuk PLTS *Solar Tracker* yang terpasang secara *off-grid*, misalnya untuk penerangan jalan umum (PJU), diperlukan monitoring jarak jauh dengan media transmisi nirkabel. Teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat memudahkan monitoring jarak jauh dengan kehandalan komunikasi yang cukup baik. Implementasi IoT dapat dengan mudah dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler ESP 32 yang memiliki performa yang cukup baik, murah, dan mudah untuk diimplementasikan dengan banyak pilihan dukungan platform sistem *cloud* seperti Blynk [5]. Pada penelitian ini dibuat rancang bangun *PLTS Solar Tracker Dual Axis off-grid* dengan harapan mendapatkan peningkatan efisiensi PLTS. Implementasi IoT dengan menggunakan mikrokontroler ESP 32 dilakukan pada penelitian ini untuk

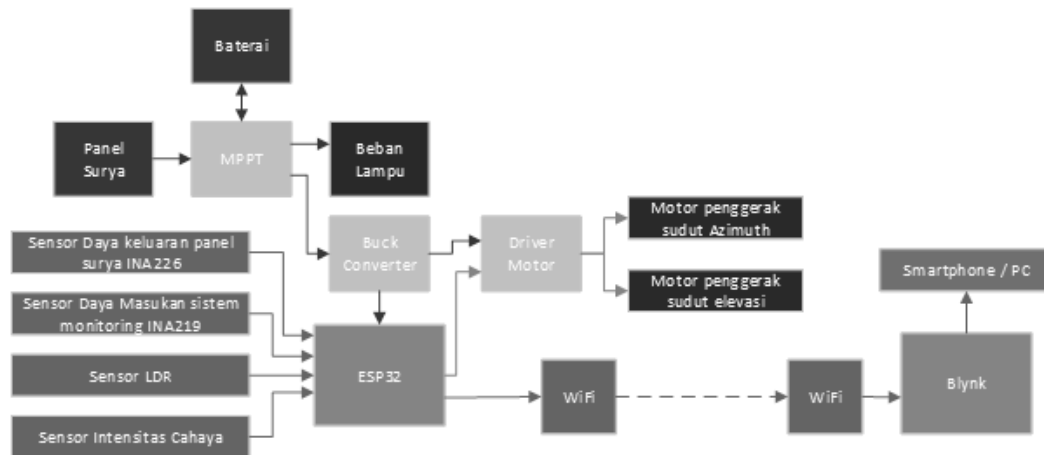
monitoring jarak jauh PLTS. Efisiensi PLTS *Solar Tracker Dual Axis* dan performa komunikasi IoT menggunakan ESP 32 akan dibahas pada penelitian ini.

2. Pembahasan

Solar Tracker yang dirancang merupakan *solar tracker dual axis* (dua sumbu) dimana sumbu elevasi dan sumbu azimuth dapat digerakan dengan tujuan mendapatkan irradiansi matahari yang optimal.. Dengan menggunakan *solar tracker dual axis* permukaan panel surya dapat digerakan pada sudut elevasi dan sudut azimuth untuk mendapatkan cahaya yang optimal. Komponen kontrol utama pada sistem *tracker dual axis* ini adalah sensor berupa empat buah LDR (*Light Dependent Resistor*) dan dua buah motor DC. LDR digunakan sebagai sensor untuk mendapatkan komparasi cahaya baik pada sumbu azimuth maupun pada sumbu elevasi LDR yang digunakan adalah sebanyak empat buah dimana LDR yang masing masing ditempatkan sejajar dengan posisi atas, posisi bawah, posisi kiri, dan posisi kanan dari permukaan panel surya. LDR yang ditempatkan sejajar dengan sisi atas dan sisi bawah daripada panel surya merupakan umpan balik untuk posisi optimal permukaan panel surya terhadap cahaya matahari pada sudut elevasi. LDR yang ditempatkan sejajar dengan posisi kiri dan posisi kanan permukaan panel surya berfungsi sebagai umpan balik untuk posisi optimal permukaan panel surya terhadap cahaya matahari pada sudut azimuth. Untuk menggerakan sumbu azimuth dan sumbu elevasi, masing-masing digunakan *low rpm high torque* motor dc 12V. Cara kerja sistem *tracking* adalah dengan menggunakan algoritma komparasi sederhana dengan mengkomparasikan dua sensor LDR pada setiap sumbu putar, Set point dari sistem kontrol *Solar Tracker* adalah sudut *azimuth* dan elevasi matahari. Input kontrolernya merupakan *error & delta eror azimuth* serta *error & delta eror elevasi*. Sedangkan keluaran yang dihasilkan berupa kecepatan angular motor yang diwakili oleh sinyal PWM untuk merubah posisi sudut *yaw* dan sudut *pitch* panel surya. Sehingga daya luaran panel surya yang dihasilkan meningkat. Blok diagram sistem kontrol dari *solar tracker* diperlihatkan pada **Error! Reference source not found..**



Gambar 1. Blok Diagram Kontrol *Solar Tracker Dual Axis* dan Penempatan LDR



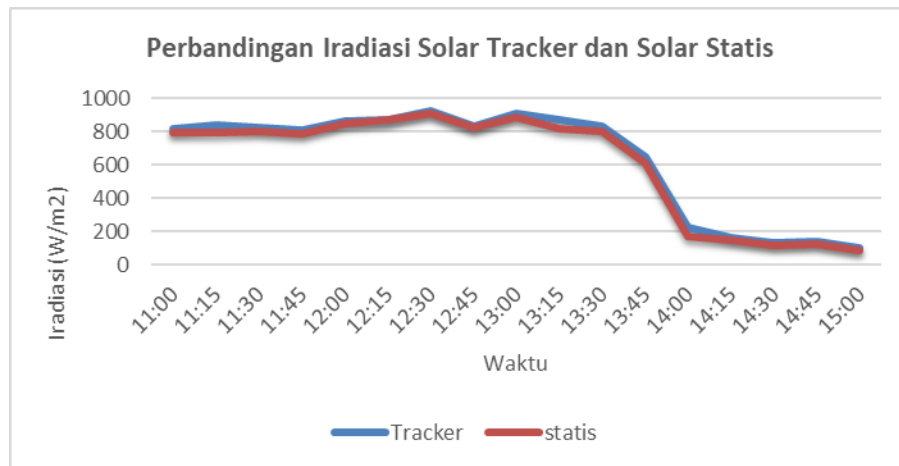
Gambar 2. Blok Diagram *Hardware Solar Tracker Dual Axis* Berbasis IoT

Sistem PLTS pada penelitian ini menggunakan modul fotovoltaik yang digunakan pada alat ini adalah jenis *polycrystalline* dengan kapasitas sebesar 50Wp dengan nilai efisiensi 13 – 16 %, *Solar Charge Controller* yang digunakan adalah tipe *Pulse Width Modulation (PWM)*, Baterai yang digunakan adalah baterai tipe Aki GS dengan tegangan 12 V dan kapasitas 35 Ah. Pada sistem kontrol, Modul driver motor dc yang digunakan pada alat ini yaitu modul driver L298N. Pemilihan modul driver L298N karena kesesuaian fungsi dalam mengontrol aktuatur berupa beban induktif yang memiliki 2 channel output. Meskipun modul driver L298N juga memiliki 2 channel output untuk beban induktif, namun rating arus output dari modul driver L298N lebih besar yaitu 2 A sedangkan pada modul driver L298N hanya memiliki rating arus output sebesar 800 mA. Sensor intensitas cahaya GY-49 MAX44009 digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari yang sejajar dengan permukaan panel surya. Semua sensor dan aktuatur pada sistem kontrol *solar tracking* dikendalikan menggunakan mikrokontroller ESP32. Penggunaan mikrokontroller ESP 32 memudahkan penerapan IoT untuk monitoring jarak jauh. Platform IoT yang digunakan adalah Blynk yang sudah populer dalam pengimplementasian IoT. Blok diagram sistem diperlihatkan pada **Error! Reference source not found..** Untuk keperluan pengujian, dihubungkan beban berupa lampu dan stop kontak yang terhubung dengan inverter. Realisasi dari sistem yang dirancang diperlihatkan pada **Error! Reference source not found..**

2.1. Komparasi Performa *Solar Tracker Dual Axis* dengan Panel Surya Statis

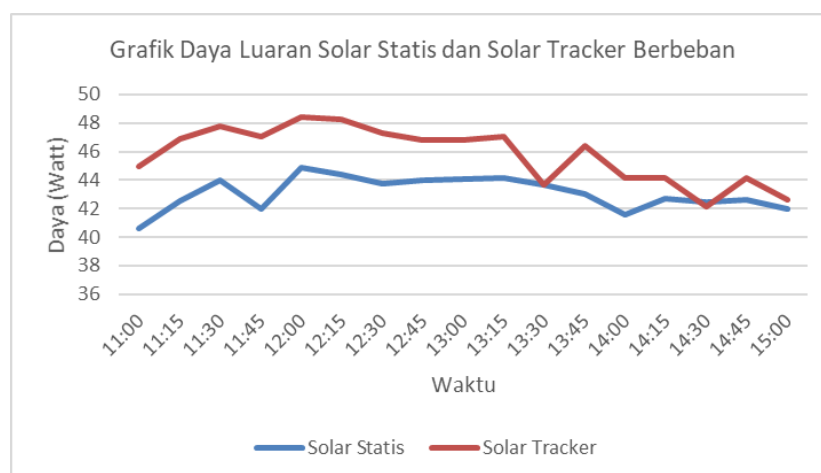


Gambar 3. Realisasi Sistem *PLTS Solar Tracker Dual Axis* Berbasis IoT.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Iradiansi

Pengujian modul surya statis dan modul surya dengan sistem *Solar Tracker* dilakukan dengan pengambilan data tegangan operasi modul surya (V), arus operasi modul surya (A), dan iradiasi matahari (W/m^2). Pengujian modul surya dilakukan tanggal 01 Agustus 2023 selama 4 Jam mulai pukul 11:00 – 15:00 WIB dengan sampling per 15 menit. Berdasarkan **Error! Reference source not found.**, nilai iradiasi tertinggi yang dihasilkan modul surya statis dengan sudut azimuth 360° dan elevasi 15° (tetap) sebesar $904 W/m^2$ pada pukul 12:30 WIB dan nilai iradiasi terendah sebesar $85 W/m^2$ pada pukul 11:15 WIB, Sedangkan nilai iradiasi tertinggi yang dihasilkan modul surya sistem solar tracker adalah $922 W/m^2$ dengan sudut azimuth 180° dan sudut elevasi 11° (berubah-ubah mengikuti arah gerak matahari) pada pukul 12:30 WIB dan nilai iradiasi terendah sebesar $97 W/m^2$ dengan sudut azimuth 150° dan sudut elevasi 10° pada pukul 15:00 WIB. Maka jika di rata-rata nilai iradiasi yang dihasilkan modul surya statis sebesar $609,29 W/m^2$, Sedangkan Modul surya sistem tracker rata-rata nilai iradiasi yang dihasilkan sebesar $633,72 W/m^2$. Hal ini menunjukkan bahwa nilai iradiasi yang dihasilkan modul surya dengan sistem Solar Tracker lebih tinggi dengan nilai selisih sebesar $24,41 W/m^2$. Hal ini dikarena modul solar tracker mengikuti arah gerak matahari sehingga iradiasi yang di terima oleh modul surya lebih besar.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Daya Luaran

Berdasarkan Gambar 5 Grafik Hasil Perhitungan Daya Luaran terlihat perbandingan daya keluaran antara modul surya statis yang memiliki sudut azimuth tetap 180° dan sudut elevasi 11° (tidak mengikuti arah gerak matahari) dengan modul surya sistem Solar Tracker yang memiliki sudut azimuth dan sudut elevasi derajat (berubah-ubah mengikuti arah gerak matahari) dengan beban lampu. Terdapat selisih perbandingan antara keduanya selama pengujian.

Pada pengujian modul statis, arus dan tegangan yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan modul surya sistem Solar Tracker. Hal ini disebabkan oleh perbedaan sudut kemiringan yang mempengaruhi tegangan terbuka, radiasi matahari dan daya luaran dari kedua modul tersebut.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya luaran tertinggi dari modul surya statis dengan sudut azimuth 180° dan sudut elevasi 11° (tetap tidak berubah-ubah selama pengujian) adalah 44,88 W pada pukul 12:00 WIB, sedangkan daya luaran terendahnya adalah 40,62 W pada pukul 11:30 WIB. Sementara itu, pada pengujian modul surya dengan sistem Solar Tracker (sudut azimuth dan elevasi berubah-ubah mengikuti pergerakan matahari) daya luaran mencapai puncak tertinggi sebesar 48,40 W pada pukul 12:00 WIB dengan sudut azimuth 189° dan sudut elevasi 9° , dan daya luaran terendahnya adalah 42,40 W pada pukul 14:30 WIB dengan sudut azimuth 150° dan sudut elevasi 10° . nilai rata-rata daya keluaran dari modul surya statis adalah 43,08 W, sementara daya keluaran dari modul surya dengan sistem Solar Tracker memiliki rata-rata sebesar 45,80 W atau 32% lebih besar dibandingkan dengan modul panel surya yang terpasang statis. Hal ini membuktikan bahwa sistem Solar Tracker lebih optimal membantu proses penyerapan radiasi matahari dibandingkan dengan modul surya statis.

2.2. Performa Komunikasi IoT Menggunakan ESP 32 dengan Platform Blynk

Tujuan dari penerapan IoT pada sistem ini adalah untuk mewujudkan monitoring jarak jauh dengan kehandalan komunikasi yang baik dan tampilan data yang mudah dipahami. Hasil perancangan dashboard monitoring daya PLTS *Solar Tracker* menggunakan platform Blynk diperlihatkan pada Gambar .



Gambar 6. Tampilan *Dashboard* Monitoring Daya PLTS menggunakan platform Blynk

Tabel 1. Hasil Pengujian Komunikasi ESP 32 dan Platform Blynk

Sampling	Jumlah Sampel Data	Sampel Data diterima	Rata – Rata Waktu tunggu
10 detik	30	28	2 detik
1 menit	30	30	3 detik
2 menit	30	30	2 detik

Parameter yang digunakan dalam menguji performa komunikasi IoT Mikrokontroller ESP 32 dengan Platform Blynk adalah keberhasilan data terkirim, dan waktu tunggu komunikasi. Untuk menguji

parameter-parameter tersebut dilakukan pengujian pengiriman besaran yang diukur pada *Solar Tracker* pada variasi sampling 10 detik, 1 menit, dan 2 menit. Durasi pengujian adalah 300 detik untuk sampling 10 detik, 30 menit untuk sampel 1 menit, dan 60 menit untuk sampel 2 menit. Pengujian dilakukan pada saat internet stabil yakni dengan kecepatan download 15 Mbps dan upload 7 Mbps.

Tabel 1. Memperlihatkan, untuk sampling kurang dari satu menit terdapat beberapa sampel yang tidak terkirim dengan keberhasilan komunikasi 93.3%. Untuk performa sampling satu menit keatas memiliki keberhasilan pengiriman 100% dengan waktu tunggu komunikasi rata-rata (update data pada gawai) selama 2 detik. Hasil pengujian tersebut memperlihatkan bahwa ESP 32 dan Blink cukup baik dalam memfasilitasi monitoring berbasis IoT.

3. Kesimpulan

PLTS *Solar Tracker Dual Axis* Berbasis IoT Menggunakan ESP 32 telah dibuat dengan tujuan meningkatkan efisiensi PLTS. Sistem *Tracking* dibuat dengan menggunakan sensor LDR dan motor dc untuk menggerakkan sumbu azimuth dan sumbu elevasi. Untuk mendapatkan komparasi performa dengan PLTS statis dilakukan pengujian dengan mengukur daya dan intensitas cahaya matahari. Hasil studi komparasi daya luaran PLTS didapat PLTS *Solar Tracker Dual Axis* dapat meningkatkan efisiensi PLTS hingga 32%. Monitoring jarak jauh dengan Mikrokontroller ESP 32 dan Blynk dapat memberikan antarmuka yang cukup baik dan kehandalan komunikasi dengan sampling diatas satu menit dan waktu tunggu komunikasi rata-rata dua detik.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Politeknik Negeri Jakarta [Nomor : 419/PL3.18/PT.00.06/2023]

Daftar Pustaka

- [1] IEA (2022), "Renewable Energy Market Update: Outlook for 2022 and 2023," *OECD Publ.* <https://doi.org/10.1787/faf30e5a-en>, hal. 4, 2022.
- [2] R. Parveen, A. M. Mohammed, dan K. Ravinder, "IoT based solar tracking system for efficient power generation," *Int. J. Res. Anal. Rev.*, vol. 5, no. 4, hal. 481–485, 2018.
- [3] G. C. Lazaroiu, M. Longo, M. Roscia, dan M. Pagano, "Comparative analysis of fixed and sun tracking low power PV systems considering energy consumption," *Energy Convers. Manag.*, vol. 92, hal. 143–148, 2015.
- [4] T. D. Lorobezy, "Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTS Off-Grid Berbasis IoT," *MSI Trans. Educ.*, vol. 4, no. 2, hal. 71–84, 2023.
- [5] A. A. Sahifa, R. Setiawan, dan M. Yazid, "Pengiriman Data Berbasis Internet of Things untuk Monitoring Sistem Hemodialisis Secara Jarak Jauh," *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, hal. 4–9, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.55650.