

Pengisian Baterai Menggunakan Teknologi Panel Surya Sederhana

Kurniadi Mizan Siddiq¹, Maulana Az Zahra Yusuf^{2*}, Nur Afrianto³

¹Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa

Jl. Bhayangkara No. 55, Tipes, Kec. Serengan, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57154

¹220103157@mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa Surakarta

Jl. Bhayangkara No.55, Tipes, Kec. Serengan, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57154

^{2*}220103158@mhs.udb.ac.id

³Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa Surakarta

Jl. Bhayangkara No. 55, Tipes, Kec. Serengan, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57154

³220103161@mhs.udb.ac.id

Abstrak— Jurnal ini Membahas tentang perancangan sistem pengisian baterai lithium menggunakan panel surya mini berbasis ESP32 yang dikendalikan secara otomatis dengan bantuan sensor LDR dan Motor Servo. Sistem ini dirancang agar panel surya dapat bergerak mengikuti arah cahaya matahari paling kuat, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan energi. Perancangan meliputi pemrograman mikrokontroler, integrasi sensor dan aktuator, serta simulasi pada platform Wokwi. Meskipun perangkat belum dirakit secara fisik, hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan intensitas cahaya dan mengatur arah panel secara efisien. Pendekatan ini memberikan gambaran awal sistem energi terbarukan berskala kecil yang ekonomis dan layak dikembangkan.

Kata kunci: Panel Surya, ESP32, Pengisian Baterai, Sistem Kendali, Energi Terbarukan.

Abstract— This Journal discusses about designing a lithium battery charging system using a mini solar panel controlled automatically via an ESP32-based system, assisted by LDR sensors and a Servo Motor. The system is designed to allow the solar panel to move and follow the direction of the strongest sunlight, thereby improving energy absorption efficiency. The design includes microcontroller programming, sensor and actuator integration, and simulation on the Wokwi platform. Although the device has not yet been physically assembled, simulation results show the system can respond to changes in light intensity and adjust the panel's direction effectively. This approach presents an initial concept of a small-scale renewable energy system that is both economical and feasible for further development.

Keywords: Solar Panel, ESP32, Battery Charging, Control System, Renewable Energy.

I. PENDAHULUAN

Permasalahan ketersediaan energi listrik yang berkelanjutan menjadi isu utama dalam menghadapi peningkatan kebutuhan energi global. Salah satu solusi yang berkembang adalah pemanfaatan Energi Matahari melalui panel surya. Panel surya mengubah energi cahaya menjadi energi listrik secara langsung, tetapi efisiensi konversi energi ini sangat bergantung pada intensitas dan sudut datang cahaya matahari terhadap permukaan panel.

Pada sistem panel surya konvensional, panel diletakkan dalam posisi statis sehingga tidak selalu menghadap langsung ke arah datangnya matahari sepanjang hari. Akibatnya, energi yang diserap menjadi tidak maksimal. Untuk mengatasi hal tersebut, dikembangkanlah sistem kendali pelacakan matahari (solar tracker) yang memungkinkan panel surya bergerak mengikuti posisi matahari, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan energi.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sistem pelacakan matahari (solar tracker) dikembangkan agar panel surya dapat secara otomatis mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari. Sistem pelacak ini

memungkinkan posisi panel menyesuaikan arah datang cahaya, sehingga meningkatkan efisiensi konversi energi. menunjukkan bahwa sistem pelacak matahari dua sumbu mampu meningkatkan efisiensi penyerapan energi listrik secara signifikan dibandingkan sistem statis[1].

Penelitian ini mengembangkan sistem kendali rotasi satu sumbu berbasis ESP32 menggunakan komponen sederhana seperti sensor LDR, motor servo SG90, panel surya mini, ESP32, dan baterai lithium, LM2596. Pendekatan serupa dalam penerapan teknologi energi surya pada masyarakat juga telah dilakukan banyak Penelitian dan dilakukan sebagai bentuk inovasi yang aplikatif dan efisien[2].

Dengan komponen yang sederhana dan hemat biaya, sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis dalam pengembangan teknologi panel surya yang lebih efisien, khususnya untuk skala kecil dan aplikasi mandiri seperti sistem tenaga surya portabel atau edukasi teknologi terbarukan.

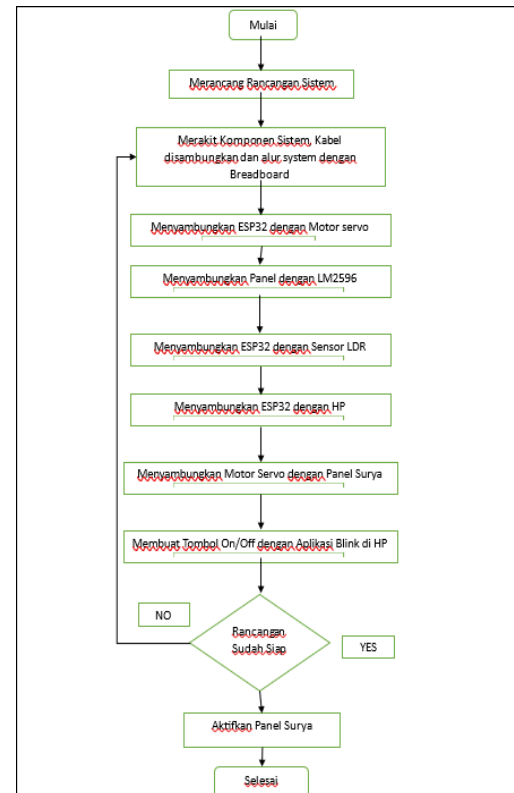
II. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam Jurnal dalam perancangan Sistem Panel Surya yang kami buat, ada langkah-langkah yang kami Lakukan, berikut langkah-langkahnya:

1. Studi Literatur: Melakukan Studi literatur terkait Penggunaan Panel Surya, Perancangan Sistem, dan komponen yang digunakan. memahami konsep kerja Sistem, hasil Input/Output, merancang Waktu penggunaan dan prinsip kerja Sistem Kendali yang digunakan[3], [4].
2. Perancangan Konsep: Pada tahap perancangan perangkat keras, digunakan beberapa komponen utama yaitu ESP32 sebagai pengendali utama, dua buah sensor LDR untuk membaca intensitas cahaya, motor servo SG90 sebagai aktuator untuk mengatur arah panel surya, LM2596 sebagai penurun Tegangan listrik yang dihasilkan Panel, serta panel surya mini sebagai sumber energi. Arus dari panel surya dialirkan ke baterai lithium 3.7V melalui modul TP4056 yang berfungsi sebagai pengatur arus dan proteksi pengisian. Perakitan dilakukan di atas breadboard dengan kabel jumper untuk menghubungkan seluruh rangkaian, serupa dengan metode prototipe modular yang digunakan pada beberapa pengembangan sistem IoT[5].
3. Perancangan Panel Surya: Panel dikembangkan pada platform Arduino IDE, dengan logika pengambilan keputusan berdasarkan pembacaan data intensitas dari LDR. ESP32 kemudian mengatur motor servo untuk menyesuaikan arah panel. Pengisian baterai dipantau menggunakan pin ADC ESP32 dengan rangkaian pembagi tegangan Sebagai Pengaman untuk menghindari overcharge[6].
4. Pembuatan Diagram Flowchart: Membuat Flowchart sistem Pengisian Beterai dengan Panel Surya agar mudah dipahami secara Sistematis
5. Evaluasi dan Pengujian: Melakukan evaluasi terhadap kinerja prototipe Pengisian Baterai dengan Panel Surya, yang di uji Secara Langsung mulai Pukul 09.00 hingga Pukul 14.00 WIB siang hari.
6. Analisis dan Interpretasi: Menganalisis data Hasil yang diperoleh dari evaluasi dan pengujian
7. Analisis dan Interpretasi: Menganalisis

data Hasil yang diperoleh dari evaluasi dan pengujian.

8. Kesimpulan dan Implikasi: Menyimpulkan hasil penelitian dan mengevaluasi implikasi dari pengembangan Panel surya yang dapat mengganti Energi Listrik dalam Pengisian Baterai. Memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut dan penerapan konsep ini dalam Industri Sistem Cerdas.

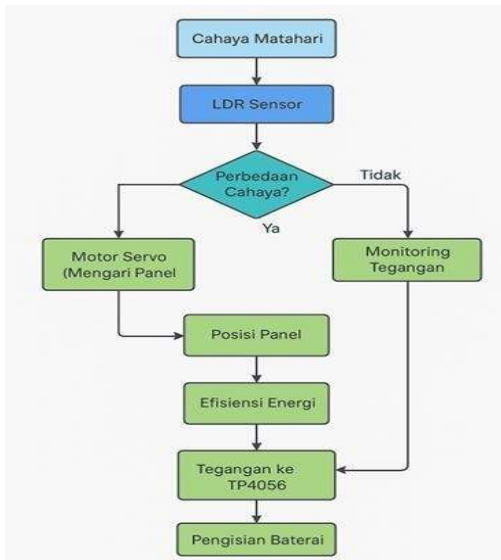


Gambar 2.1. Diagram Flowchart Algoritma Sistem Panel Surya

Diharapkan hasil pengujian ini dapat memberikan kontribusi dalam menghadirkan Inovasi dalam Dunia terbaru. Namun juga, dapat dikembangkan menjadi Solusi dari penggunaan Listrik pada umumnya, juga dapat menjadi inspirasi bagi pengembangan Teknologi Lainnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam Jurnal kami, Bagian ini menyajikan implementasi sistem kendali pengisian baterai lithium menggunakan panel surya berbasis ESP32. Contohnya, Penggunaan Komponen Elektronik yaitu Sensor LDR yang digunakan untuk mendeteksi intensitas Cahaya. Rangkaian dan alur logika kerja sistem divisualisasikan melalui diagram flowchart seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 3.1. Diagram Flowchart Input/Output Sistem Panel Surya

Dalam Gambar 1 menunjukkan flowchart sistem kendali pengisian baterai lithium dengan menggunakan panel surya berbasis ESP32. Sistem bekerja dengan mendeteksi intensitas cahaya matahari melalui dua sensor LDR. Nilai intensitas dari kedua sensor dibandingkan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan pencahayaan yang signifikan. Jika perbedaan terdeteksi, maka motor servo akan menggerakkan panel surya ke arah dengan pencahayaan lebih tinggi.

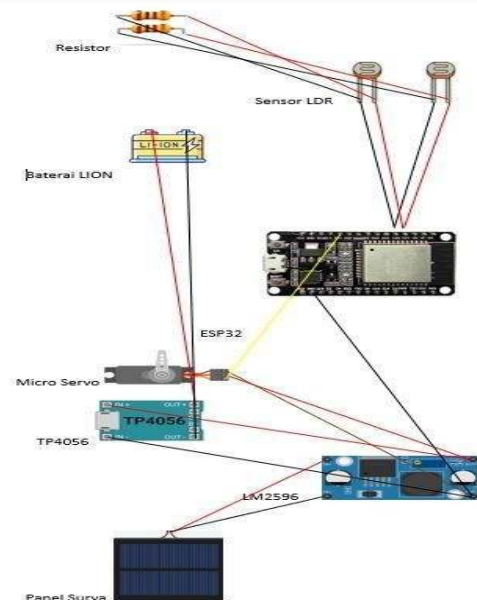
Dengan demikian, jika tidak terdapat perbedaan yang signifikan, maka sistem langsung memantau tegangan baterai melalui pin ADC pada ESP32. Tegangan yang diperoleh dari panel surya diarahkan LM2596 untuk diturunkan menjadi 5V karena Tegangan tinggi Listrik yang diserap oleh Panel dapat merusak TP4056, karena TP4056 hanya menerima 5V, kemudian Listrik akan dialirkan ke modul TP4056 untuk mengisi baterai lithium 3.7V dengan pengaturan arus dan proteksi otomatis. Monitoring ini dilakukan dengan cara menggunakan Aplikasi Blynk secara berkelanjutan untuk memastikan efisiensi maksimum dalam pengisian energi serta mencegah overcharge.

Dan dalam desain Rancangan Sistem, dengan menyesuaikan orientasi panel terhadap arah datangnya sinar matahari, intensitas cahaya yang diterima dapat dijaga pada tingkat optimal. Hal ini secara langsung berdampak pada peningkatan tegangan output panel surya, yang kemudian disalurkan ke modul TP4056.

Pemanfaatan ESP32 tidak hanya memungkinkan pengendalian aktuator secara real-time,

tetapi juga memberikan kemampuan pemantauan tegangan secara akurat melalui fitur ADC. Hasil pemantauan menunjukkan bahwa tegangan baterai meningkat secara bertahap sesuai intensitas cahaya dan durasi penyinaran. Implementasi pembagi tegangan yang sesuai memastikan bahwa pengukuran tegangan tetap aman terhadap batas maksimum input ESP32

Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan kami menambahkan Aplikasi pemantauan berbasis IoT yaitu Blynk, yang secara teknis sangat mungkin dilakukan karena ESP32 mendukung konektivitas nirkabel secara default. Kemampuan sistem untuk beroperasi secara otomatis dan efisien menunjukkan bahwa rancangan ini layak diterapkan sebagai solusi energi mandiri skala kecil[7].



Gambar 3.2. Desain Rangkaian Komponen Sistem Panel Surya







Yang Kedua, selanjutnya melalui Gambar 2, ada Rancang bangun Sistem Panel Surya yang menggunakan Media Microsoft Word, Rancangan simulasi dibuat di Ms. Word ini menampilkan sistem sederhana untuk pengisian baterai lithium 3.7V menggunakan panel surya mini yang dikontrol oleh mikrokontroler ESP32. Sistem ini dilengkapi dengan dua sensor LDR untuk mendeteksi arah datangnya cahaya matahari. Yang dimana Listrik yang dihasilkan Data dari sensor LDR diolah oleh ESP32 untuk mengendalikan motor servo SG90, yang kemudian mengatur arah panel surya agar selalu menghadap sumber cahaya paling terang (fungsi pelacak matahari).

Output dari panel surya disimulasikan mengalir ke baterai lithium melalui modul pengisian (disimulasikan secara konseptual), mencerminkan bagaimana energi cahaya diubah

menjadi listrik dan disimpan untuk digunakanya

Yang Ketiga berikut kami jelaskan Bahan-bahan dalam Perancangan Sistem Panel surya dan peran masing-masing komponen dalam simulasi:

1. ESP32: Pengendali logika sistem
2. LDR (2 buah): Sensor intensitas cahaya
3. Servo Motor: Aktuator yang menggerakkan panel surya
4. Panel Surya: Sumber listrik utama (dalam simulasi berupa input V)
5. Baterai: Penyimpan energi
6. Breadboard & Jumper: Media dan konektor rangkaian sementara.
7. Modul LM2596: digunakan untuk menurunkan tegangan DC dari panel surya (12 V) menjadi 5 V yang lebih aman dan sesuai untuk komponen seperti servo motor SG90 dan modul TP4056.
8. TP4056: TP4056 berfungsi sebagai modul pengisian baterai lithium 3.7 V, dengan fitur proteksi untuk menghindari overcharging dan overdischarging.
9. Resistor 10K: resistor digunakan sebagai bagian dari rangkaian pembagi tegangan (voltage divider) bersama sensor LDR (Light Dependent Resistor). Fungsinya sangat penting untuk membaca intensitas cahaya menggunakan pin analog ESP32 (GPIO34 dan GPIO35)

5	Sensor LDR		Sensor	2
6	Modul TP4056		Penghubu n g	1
7	Breadbo ard		Penghubu n g	1
8	Resistor 10K		Sensor	2
9	Kabel Jumper		Penghubu n g	20
10	LM2596		Penurun Tegangan	1

Gambar 3.3. Bahan-Bahan dalam Pembuatan Sistem Kendali Panel Surya

Seluruh komponen tersebut disusun untuk membentuk sistem kontrol terintegrasi yang mampu melakukan pelacakan cahaya dan mengisi baterai secara mandiri menggunakan energi terbarukan. Pendekatan desain berbasis mikrokontroler seperti ini telah terbukti efektif dalam penelitian sistem energi terdistribusi dan hemat biaya[8].

Yang Keempat adalah Hasil Pengujian Sistem, Pengujian sistem dilakukan selama 7 hari berturut- turut dari Senin hingga Minggu, dengan waktu pengisian mulai pukul 09.00 hingga 14.00. Setiap jam dilakukan pencatatan nilai persentase baterai lithium 3.7V 1200mAh yang terisi, menggunakan panel surya mini 6V 1W dan modul TP4056 sebagai sistem pengisian. Proses ini bertujuan untuk mengukur kinerja panel surya dalam berbagai kondisi cuaca dan mengevaluasi pengaruh sistem pelacak matahari terhadap efisiensi pengisian.

1. Hari Cerah Penuh (Selasa dan Sabtu)

Pada hari Selasa dan Sabtu, yang memiliki kondisi cuaca sangat Cerah, sistem mampu mengisi baterai dari 20% menjadi 95–100% dalam waktu 5 jam. Peningkatan rata-rata sekitar 17-20% per jam menunjukkan bahwa sistem.

2. Hari Cerah Berawan (Rabu dan Minggu)

Hari Rabu dan Minggu menunjukkan pola yang berbeda, di mana intensitas cahaya menurun di beberapa Waktu akibat awan yang mulai menutupi langit. Pengisian pada hari Rabu hanya mencapai 83% dari kondisi awal 20%, karena efisiensi menurun

N O.	ALAT DAN BAHAN	GAMBAR	KETERANGAN	JUMLAH
1.	Panel Surya 12V		Plant.	1
2.	Baterai Lithium 3.7V		Output.	1
3.	ESP32 Wroom-32D		Controller	1
4.	Motor Servo SG90		Aktuator	1

menjadi hanya 12- 15%% per jam setelah cuaca Cerah namun beberapa waktu Berawan sehingga Pencahayaan sedikit, namun di balik ini Pengisian Baterai tetap Tinggi yaitu 83% dan 88%.

3. Hari Berawan Mendung(Kamis)

Pada hari Kamis, kondisi Cuaca saat pengujian diawali dengan berawan lalu masuk pukul10.00 terjadi mendung gelap hingga jam 13.00 terjadi Gerimis mulai Hujan. terjadi. Efisiensi system Pengisian Baterai sangat rendah yang Hanya Mencapai 40%, dengan peningkatan pengisian hanya mencapai 5-7% Per Jam dari total kapasitas selama lima jam. Hal ini memperlihatkan bagaimana intensitas cahaya yang rendah mempengaruhi performa panel surya secara signifikan.

1. Hari Cerah → Mendung (Senin dan Jumat)

Hari Senin dan Jumat menunjukkan pola yang berbeda, di mana diawali dengan Cuaca Cerah intensitas cahaya menurun setelah pukul 12.00 akibat awan yang mulai berawan dan Mendung menutupi langit. Pengisian pada hari Senin hanya mencapai 67% dan Hari Jumat 70% dari kondisi awal 20%, Pengisian Tetap Tinggi karena di awal Cerah namun efisiensi menurun menjadi hanya 10-12% per jam setelah cuaca Cerah berubah menjadi mendung.

Hari	Cuaca	Jam	% Baterai	Catatan
Senin	Cerah → Mendung	09:00	20%	Cerah
		10:00	35%	Cerah
		11:00	50%	Cerah
		12:00	58%	Mulai mendung
		13:00	63%	Mendung
		14:00	67%	Pengisian Kurang
Selasa	Cerah Penuh	09:00	20%	Cerah
		10:00	35%	Cerah
		11:00	50%	Cerah
		12:00	65%	Cerah
		13:00	80%	Cerah
		14:00	95%	Pengisian optimal

Rabu	Cerah Berawan	09:00	20%	Cerah
		10:00	33%	Cerah Berawan
		11:00	46%	Berawan
		12:00	58%	Berawan mulai Cerah
		13:00	70%	Cerah
Kamis	Berawan mendung	09:00	20%	Berawan
		10:00	25%	Mendung
		11:00	29%	Mendung
		12:00	33%	Mendung
		13:00	36%	Mendung gerimis
		14:00	40%	Pengisian lambat
Jumat	Cerah → Mendung	09:00	20%	Cerah
		10:00	34%	Cerah
		11:00	48%	Cerah Berawan
		12:00	60%	Mulai Mendung
		13:00	66%	Mendung
		14:00	70%	Pengisian Kurang
Sabtu	Cerah penuh	09:00	20%	Cerah
		10:00	36%	Cerah
		11:00	52%	Cerah
		12:00	68%	Cerah
		13:00	84%	Cerah

Minggu	Cerah sedikit berawan	09:00	20%	
		10:00	34%	Cerah
		11:00	48%	Cerah
		12:00	62%	Berawan
		13:00	75%	Cerah
		14:00	88%	Stabil

Sistem pelacak matahari satu sumbu yang digunakan dalam simulasi mampu mengarahkan panel surya menuju sumber cahaya dengan intensitas lebih tinggi. Ini berkontribusi terhadap efisiensi pengisian, terutama saat cahaya datang dari sudut berbeda di pagi dan siang hari. Pengaruh ini paling terasa pada hari Rabu dan Minggu, di mana sistem pelacak menjaga pengisian tetap stabil meskipun intensitas cahaya sedikit berfluktuasi[9].

Yang kelima adalah Perakitan. berikut kami Jelaskan Langkah-langkah Pembuatan dan Perakitan Panel Surya:

1. Siapkan seluruh komponen utama yaitu panel surya mini 12V, baterai lithium 3.7V, modul TP4056, ESP32, dua buah LDR, motor servo SG90, breadboard, LM2596, 2 buah Resistor dan kabel jumper sebagai bahan dasar perakitan sistem.
2. Pasang panel surya ke breadboard lalu hubungkan kabel positif (V+) panel ke pin IN+ pada LM2596 dan kabel negatif (V-) panel ke pin IN- untuk memberikan input tegangan ke modul pengisi baterai.
3. Sambungkan baterai lithium ke pin OUT+ dan OUT- pada modul TP4056 yang berfungsi sebagai pengatur dan pelindung proses pengisian agar arus tidak berlebihan. Dan sambungkan bagian TP4056 IN+ ke OUT+ LM2596, dan IN- ke OUT- LM2596
4. Tempatkan ESP32 di breadboard lalu sambungkan dua sensor LDR ke pin analog pada ESP32 (misalnya GPIO 34 dan 35) dengan menambahkan resistor 10K ohm pada masing-masing sensor sebagai pembagi tegangan untuk membaca intensitas cahaya, kemudian sambungkan GPIO13 misalnya ke Kabel sinyal(kuning) Servo SG90, dan
5. Pasang motor servo SG90 dengan menghubungkan kabel sinyal(Kuning) ke pin PWM pada ESP32 (misalnya GPIO13) dan sambungkan kabel VCC ke Out+ LM2596 (5V) serta kabel GND(coklat) ke OUT- LM2596 agar motor dapat digerakkan sesuai arah sinar matahari.sambungkan bagian GND ke GND LM2596 agar referensi sinyal PWM tidak ngambang
6. Pasang 2 LDR. dengan LDR 1 dengan salah satu kaki ke 3.3V ESP32 dan kaki lain ke GPIO34 + resistor 10k. Dan LDR 2 dengan salah satu kaki ke 3.3V ESP32 dan kaki lain ke GPIO35
7. Pasang LM2596 dengan sambungan kabel bagian OUT+ yang disambung dengan IN+ TP4056 dan sambungkan dengan VCC servo SG90 Merah(ya sambungan kabelnya ditumpuk di bagian OUT+). Lalu bagian OUT- LM2596 ditumpuk 3 kabel sambungan dari IN- TP4056, GND Servo SG90 Coklat, dan GND ESP32 (via pin GND)
8. Periksa semua kabel jumper yang menghubungkan komponen satu dengan lainnya agar tidak ada sambungan terbalik atau korsleting yang dapat merusak modul.
9. Setelah seluruh rangkaian selesai dan aman, hubungkan ESP32 ke komputer lalu unggah program menggunakan Arduino IDE dengan logika untuk membaca nilai dari kedua LDR dan memberikan sinyal ke motor servo untuk mengatur posisi panel.Saat sistem menyala dan terkena cahaya, panel surya mulai menghasilkan tegangan yang
10. disalurkan ke baterai melalui modul TP4056 sambil posisi panel dikendalikan dengan mengikuti Cahaya Matahari berdasarkan perbedaan intensitas cahaya dari dua LDR[10].



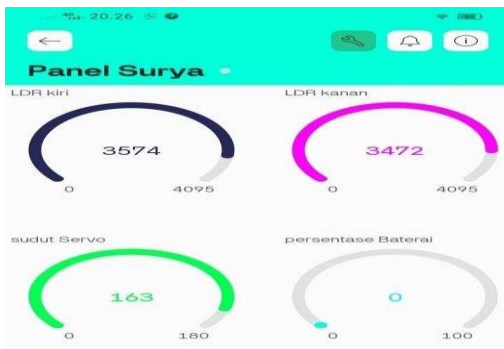
sambungkan bagian GND ke GND LM2596 agar referensi sinyal PWM tidak ngambang

Gambar 3.4. Bagian Rancangan Komponen Sistem Panel Surya Solar Tracker



Gambar 3.5. Rancangan Pengerak Panel Surya dengan Servo SG90

11. Buat pemantauan jarak jauh dengan SmartPhone menggunakan Aplikasi Blynk dengan membuat pemantauan Data 2 sensor LDR dengan pengaturan Kiri-Kanan, data Sudut servo yang berputar bolak-balik yang mengatur Panel yang bergerak sesuai Pengejaran Cahaya Matahari yang di tangkap Oleh sensor LDR, dan Data Pengisian Baterai, yang menunjukkan sudah berapa Persen Baterai yang sudah terisi. Berikut Tampilan Blynk tersebut.



IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari Jurnal ini dan perancangan sistem adalah, dapat disimpulkan bahwa penggunaan panel Surya sebagai sumber energi terbarukan untuk mengisi baterai lithium memiliki potensi besar untuk aplikasi mandiri dan ramah lingkungan. Sistem kendali IOT berbasis Blynk dengan dukungan ESP32, sensor LDR dan motor servo mampu mengarahkan panel secara otomatis mengikuti intensitas cahaya matahari tertinggi, sehingga efisiensi pengisian daya meningkat. Proses metodologi yang meliputi perancangan skematik, pemrograman mikrokontroler, hingga simulasi di Wokwi berjalan sesuai dengan tujuan sistem.

Hasil pembahasan menunjukkan bahwa sistem ini dapat bekerja secara optimal dalam kondisi pencahayaan yang baik, dan meskipun pengujian fisik belum dilakukan, rancangan virtual memberikan gambaran nyata akan fungsi dan kestabilan sistem. Ke

depannya, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur pemantauan daya berbasis IoT atau integrasi dengan sistem manajemen energi rumah. Diharapkan jurnal ini dapat menjadi referensi awal bagi pengembangan sistem energi terbarukan yang ekonomis, sederhana, namun tetap fungsional dalam lingkup pendidikan maupun masyarakat.

REFERENSI

- [1] E. M. Haryadi, "ANALISIS INTENSITAS CAHAYA, SUHU, KELEMBAPAN UDARA, TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL SURYA ATAP BERBASIS ESP32," Sukabumi, Jul. 2022.
- [2] D. Westri Andini, H. Saputro, W. Setya Ratri, and A. Sudigdo, "PEMBERDAYAAN WARGA DAN KELOMPOK TANI CANDEN DALAM MENGEMBANGKAN PANEL SURYA SEDERHANA DARI BARANG BEKAS DVD (EMPOWERMENT OF CITIZENS AND CANDEN FARMING GROUP IN DEVELOPING SIMPLE SOLAR PANEL FROM USED DVD GOODS)," *J. Berdaya Mandiri*, vol. 5, no. 2, pp. 1–9, 2023.
- [3] A. Indra Rizkianto, B. Suprianto, and P. Wanarti Rusimanto, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Tracking Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic Controller Berbasis ESP32," Surabaya, 2022.
- [4] F. Khairurizal *et al.*, "CYCLOTRON : Jurnal Teknik Elektro Smart Monitoring Sistem Panel Surya Berbasis Internet Of Things (IoT)," *J. Tek. Ind.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–4, Jan. 2024.
- [5] H. Setiana, A. Bening Kusumaningtyas, and R. Maulana, "Rancang Bangun PLTS Solar Tracker Dual Axis Berbasis IoT Menggunakan ESP32," *Sinergitas Era Digit. 5.0 dalam Pembang. Teknol. Hijau Berkelanjutan*, pp. 1–6, Dec. 2023.
- [6] R. Natal Pasaribu, "Modifikasi Pengerig Gabah Otomatis menggunakan Konveyor Berbasis IOT dan Panel Surya," *Skripsi Tek. Elektro*, pp. 1–55, Sep. 2024.
- [7] M. Faris Hamidin and A. Syafiq Sadun, "The Development of IoT Automatic Solar Tracking System for Oriented Solar Cell Applications," *Prog. Eng. Appl. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 186–195, Jul. 2023, doi: 10.30880/peat.2023.04.02.018.
- [8] W. Aezwani, W. Abu Bakar, M. Man, N. Laila, N. Josdi, and Z. A. Hasbi, "Design of Solar Tracking System for Solar Panel Using Microcontroller Based on Internet of Things," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 1, no. 1234–567, pp. 1–6, Aug. 2024, doi: 10.25299/IJSR.2023.11xxxx.
- [9] I. Nur, H. Hairil, F. Hanim, and M. Nor, "Development of an IoT Based on Solar Tracking System," *Prog. Engineering Appl. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 95–103, May 2024, doi: 10.30880/peat.2024.05.02.010.
- [10] M. Kamal, "PROTOTYPE OF THE COOLING SYSTEM AND MONITORING SOLAR PANELS USING AUTOMATIC WATER- POURING BASED ON INTERNET OF THINGS (IOT),"