

Rancang Bangun Sistem Pelacakan Panel Surya Dual-Axis untuk Elektrolisis Pembuatan Elektrolit Baterai

Styven Octacezario Rinding

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

styvenocta@student.telkomuniversi
ty.ac.id

Wahmisari Priharti

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

wpriharti@telkomuniversity.a c.id

Ekki Kurniawan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

ekki.kurniawan@telkomuniversity.a
c.id

Abstrak — Panel surya menjadi jenis sumber energi terbarukan yang banyak digunakan dalam memproduksi listrik. Namun, kapasitas daya output panel surya masih terbatas. Berkenaan dengan ini, diperlukan metode yang dapat memaksimalkan penerimaan cahaya matahari oleh panel surya. Salah satu metodenya yakni dengan menggunakan penjejak matahari dual axis. Penelitian ini bertujuan untuk mendorong penggunaan sumber energi terbarukan secara lebih luas dengan memanfaatkan penjejak matahari, elektrolisis, dan baterai alumunium sebagai solusi penyimpanan energi yang efisien dan ramah lingkungan. Pengendalian penjejak matahari dual axis memerlukan sensor LDR (Light Dependent Resistor) yang mendeteksi intensitas cahaya matahari. Sensor LDR mengirimkan sinyal ke mikrokontroler, yang menggerakkan motor DC untuk mengatur posisi panel surya agar selalu menghadap matahari. Penelitian ini memiliki tujuan utama, yaitu untuk meningkatkan efisiensi dan daya output panel surya. Dalam penelitian ini, kami mengintegrasikan proses elektrolisis dan penyimpanan energi baterai alumunium sebagai inovasi utama. Elektrolisis digunakan sumber energi alternatif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya keluaran panel surya (PV) adalah sebesar 7944mW dengan tegangan sebesar 11.19 Volt dan arus sebesar 559.85mA. Selanjutnya, tegangan dihasilkan melalui proses elektrolisis dan disimpan dalam baterai alumunium sebesar 8.5 Volt. Penelitian ini memiliki potensi untuk meningkatkan kinerja panel surya, efisiensi energi surya, dan pengembangan sumber energi terbarukan secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Penjejak matahari, motor DC, sensor LDR, elektrolisis, baterai alumunium.

I. PENDAHULUAN

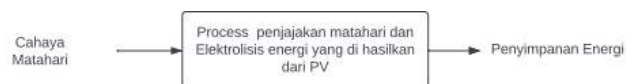
Energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang bersih dan ramah lingkungan. Di Indonesia, dengan letak geografisnya yang berada di atas garis khatulistiwa, terdapat potensi energi surya yang sangat besar. Setiap hari, di Indonesia dapat diperoleh energi sebesar 4.8-6.0 kWh/m² pada bidang horizontal yang tidak terlindung [1]. Energi ini dapat dimanfaatkan secara langsung maupun tidak langsung.

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan upaya memaksimalkan daya keluaran panel surya (PV) dengan menggunakan kombinasi metode penjejak matahari single axis.

Penggabungan kedua metode ini berhasil meningkatkan daya keluaran PV dengan rata-rata kenaikan daya selama 3 hari sebesar 7.20789 watt atau sekitar 72.08% [2].

Namun, rendahnya daya keluaran PV dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti intensitas cahaya matahari, temperatur lingkungan, temperatur atmosfer bumi, orientasi dan posisi letak PV terhadap matahari, serta material yang digunakan pada PV [3]. Oleh karena itu, Penelitian ini mengusulkan pendekatan baru untuk meningkatkan daya output panel surya (PV) dengan menggabungkan metode penjejak matahari dual axis dan sensor LDR. Penjejak matahari dual axis memungkinkan panel surya mengikuti gerakan matahari sepanjang hari melalui dua sumbu yang saling tegak lurus. Sensor LDR mengirimkan sinyal ke mikrokontroler, yang mengatur gerakan panel surya sesuai dengan kondisi cahaya matahari. Penelitian ini juga mengintegrasikan proses elektrolisis untuk memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen, yang disimpan dalam baterai alumunium sebagai sumber energi alternatif, menciptakan potensi penyimpanan energi bersih.

Penelitian ini akan merancang prototype sistem PV dengan menggunakan penjejak matahari dual axis, sensor LDR serta meningkatkan efisiensi dan penyimpanan energi melalui proses elektrolisis air garam untuk bahan elektrolit baterai alumunium. Adapun sumber cahaya yang digunakan adalah cahaya matahari. Penelitian ini menggunakan penjejak matahari dual axis dengan bantuan sensor LDR sebagai media untuk mengikuti intensitas radiasi cahaya matahari. Suhu lingkungan dan suhu pada PV diabaikan dalam analisis kinerja sistem.

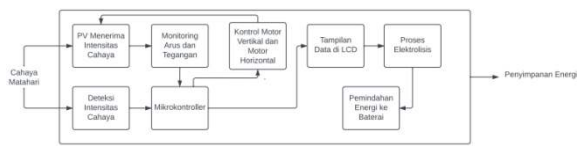


II. KAJIAN TEORI

A. Prinsip Kerja Solusi

Konsep solusi yang akan dibuat untuk memaksimalkan daya keluaran PV dengan

menggunakan metode penjejak matahari dual axis dan sensor LDR adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Prinsip Kerja

Berdasarkan Gambar 2.1 di atas, cara kerjanya adalah sebagai berikut: Konsep kerja solusi ini berpusat pada pemanfaatan energi matahari sebagai sumber utama. Proses dimulai dengan panel surya yang menerima cahaya matahari. Sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya, memungkinkan kontrol vertikal dan horizontal panel surya untuk mengikuti arah matahari. Data arus dan tegangan panel surya dipantau oleh sensor INA219 dan ditampilkan di layar LCD 20x4 untuk pengawasan real-time. Namun, sistem ini tidak hanya memanfaatkan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Proses elektrolisis diaktifkan, memecah air menjadi hidrogen dan oksigen, yang kemudian disimpan. Energi yang dihasilkan selama elektrolisis dialirkan ke baterai aluminium sebagai sumber energi alternatif yang bersih dan ramah lingkungan. Selain itu, gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi lainnya. Dengan konsep ini, sistem ini menciptakan solusi yang efisien dalam menghasilkan, menyimpan, dan memanfaatkan energi alternatif dari matahari, menjadikannya langkah penting menuju masa depan yang lebih berkelanjutan.

B. Energi Keluaran Panel Surya

Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian yang juga berfokus pada upaya peningkatan energi keluaran panel surya. Beberapa penelitian tersebut dilakukan dengan berbagai metode dan juga mendapatkan hasil yang berbeda-beda, salah satu penelitian yang dirujuk yakni berjudul "Inovasi Peningkatan Efisiensi PV Berbasis Fresnel Solar Concentrator Dan Solar Tracker", adapun metode yang digunakan yakni Konsentrator Surya Fresnel dan Pelacak Surya digunakan dalam penelitian yang berlangsung dari pukul 07.00 hingga 17.00 WIB selama satu hari dengan hasil terjadi peningkatan efisiensi sebesar 307.8%. sedangkan pada penelitian ini, tujuannya adalah meningkatkan energi keluaran dari panel surya (PV) dengan akhirnya meningkatkan efisiensi sistem serta penyimpanan energi.

C. Sel Surya

Sel surya adalah sebuah perangkat elektronik yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Sel surya terdiri dari sebuah lapisan semi-konduktor yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik melalui proses fotolisis. Sel surya sering digunakan dalam panel surya, yang merupakan sebuah kumpulan perangkat yang terdiri dari banyak sel surya yang disusun secara paralel dan seri. Kumpulan panel surya disebut dengan *solar array* atau *PV system*. Sel surya dapat dianalogikan sebagai perangkat dengan dua terminal atau sambungan, yang mana disaat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya PV tersebut dapat berfungsi seperti dioda, dan saat disinari oleh cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Adapun jenis-jenis PV antara lain:

1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang memiliki efisiensi terbaik yang menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi dibanding dengan panel yang lain, dikarenakan sudah menggunakan teknologi terkini. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim, dengan memiliki efisiensi sampai dengan 15% [5]. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak dapat berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang, efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

2. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan Panel Surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.

3. Thin Film Photovoltaic

Merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis *mikrokristal silikon* dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% [5]. Sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada panel monokristal & polikristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang diterima setara [5].

D. Solar Tracker

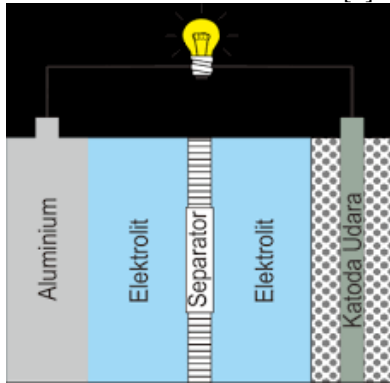
Solar tracker adalah sistem mekanik yang membantu mengoptimalkan penangkapan sinar matahari oleh panel surya. Ini dilakukan dengan mempertahankan orientasi panel surya secara terus-menerus sepanjang hari untuk menghadap ke arah matahari. Dengan mengikuti gerakan matahari, tracker ini dapat meningkatkan efisiensi panel surya. Ada berbagai jenis solar tracker, termasuk single-axis dan *dual-axis tracker*. *Dual-axis tracker* dapat mengikuti matahari secara horizontal dan vertikal, sementara single-axis tracker hanya dapat mengikuti matahari secara horizontal. metode yang akan digunakan yaitu dual axis, pergerakan PV mampu bergerak mengikuti sumber cahaya lebih akurat. Input untuk sistem *dual axis* ini didapatkan dari sensor LDR, yang mana LDR dirangkai menggunakan prinsip pembagi tegangan. Pada dual axis ini motor DC dapat bergerak secara vertikal dan horizontal dengan menggunakan dua motor, pergerakan motor tersebut dapat bergerak berdasarkan nilai data input yang telah diperoleh dari sensor LDR.

Dalam menentukan posisi matahari mengacu pada perhitungan posisi matahari setiap periode waktu. Metode ini benar-benar menemukan posisi matahari berdasarkan masukan sensor yang dapat mendeteksi arah matahari yang berbasis cahaya matahari. Data dari

sensor digunakan secara aktif oleh sistem untuk menemukan matahari.

E. Baterai Aluminium

Baterai aluminium terdiri dari logam aluminium sebagai anoda, katoda, separator dan larutan elektrolit. Baterai aluminium menghasilkan energi listrik diperoleh dari reaksi elektrokimia yaitu reaksi reduksi dan oksidasi [7].



Gambar 2. Reaksi Elektrolisis

Reaksi elektrokimia pada baterai aluminium dapat didefinisikan sebagai berikut: Anoda: $Al + 4OH^- \rightarrow (OH)_4^- + 3e^-$ (1) Katoda: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ (2) Reaksi Keseluruhan: $Al + 3O_2 + 6H_2O + 4OH^- \rightarrow 4Al(OH)_4^-$ (3) Oksigen dari udara dan air yang diperoleh dari elektrolit tereduksi menghasilkan produk ion OH di katoda. Ion OH^- berpindah menuju aluminium dan bereaksi menghasilkan produk reaksi $Al(OH)_4^-$. Saat electron dialirkan pada penghantar terhubung beban merupakan fase pengosongan. Setelah pengosongan terjadi reaksi: $4Al(OH)_4^- \rightarrow Al(OH)_3 + OH^-$ (4) Produk $Al(OH)_3$ (aluminium hidroksida) merupakan endapan oksida atau korosi yang terakumulasi pada permukaan aluminium.

F. Elektrolisis

Elektrolisis adalah proses penguraian suatu elektrolit dengan arus listrik, dimana energi listrik (arus listrik) tersebut akan diubah menjadi energi kimia (reaksi oksidasi-reduksi) melalui elektroda-elektrodanya. Elektroda yang menerima elektron dari sumber arus listrik adalah katoda yang akan mengalami reaksi reduksi dimana elektrodanya bermuatan negatif (-), sedangkan elektroda yang mengalirkan elektron kembali ke sumber arus adalah anoda yang akan mengalami reaksi oksidasi dimana elektrodanya bermuatan positif (+) [14]. Dalam sel elektrolisis, terdapat ciri-ciri utama, yaitu:

1. Terdapat larutan elektrolit yang mengandung ion bebas, dimana salah satu komponen ionnya terkandung ion dari anoda. Ion-ion tersebut nantinya akan memberi atau menerima elektron yang akan mengalir melalui larutan elektrolit.
 2. Terdapat sumber arus listrik dari luar untuk selanjutnya akan diubah menjadi energi kimia.
 3. Terdapat dua elektroda, dimana katoda (-) akan mengalami reduksi sedangkan anoda (+) akan mengalami oksidasi.
- Perlu diperhatikan reaksi yang terjadi pada katoda maupun anoda.

III. METODE

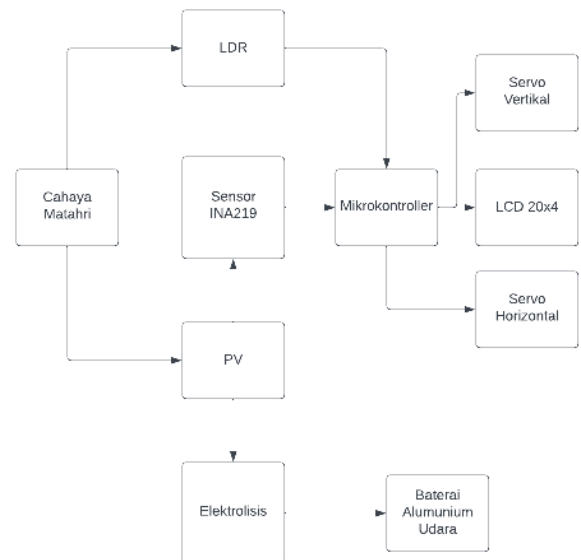
A. Desain Sistem

Penelitian ini menggunakan panel surya. *tracker* yang nantinya mengikuti arah gerak matahari dengan bantuan sensor LDR agar

lebih akurat. Pada panel akan dielektrolisis untuk penyimpanan tegangan dan arus yang masuk ke baterai dari panel surya. Pengukuran arus dan tegangan dari PV dilakukan sebelum arus dan tegangan masuk ke *Baterai*.

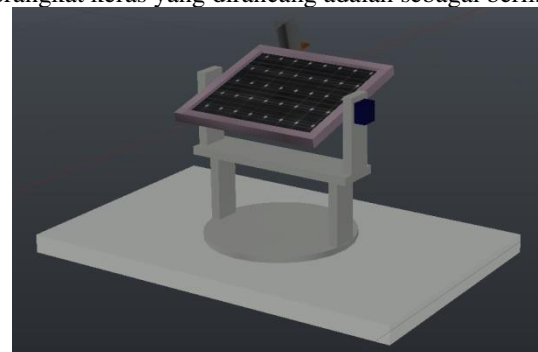
1. Diagram Blok

Berikut adalah blok diagram dari sistem pada penelitian ini:



Gambar 3. Diagram Blok

Blok diagram sistem ini menggambarkan alur utama dari sumber energi, yaitu cahaya matahari, hingga penyimpanan energi dalam baterai aluminium. Panel surya (PV) adalah komponen awal yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya matahari dan mengirimkan informasi ke mikrokontroler yang mengendalikan pergerakan panel surya secara vertikal dan horizontal melalui servomotor. Selanjutnya, tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya diukur oleh sensor INA219, yang data-nya ditampilkan pada layar LCD 20x4. Selain itu, panel surya juga mengarahkan daya ke proses elektrolisis, di mana air dipisahkan menjadi hidrogen dan oksigen menggunakan energi listrik dari panel surya. Hidrogen yang dihasilkan dari proses ini disimpan dalam baterai aluminium, yang bertindak sebagai wadah untuk penyimpanan energi alternatif. Adapun desain perangkat keras yang dirancang adalah sebagai berikut:



Gambar 4 Desain Perangkat Keras

2. Spesifikasi komponen

Berikut spesifikasi komponen yang akan digunakan:

- Module Panel Surya

Panel Surya yang digunakan berjenis Monokristal dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Ukuran : 36cm x 26cm
- Jenis : Monocrystalline
- Rated Maximum Power (Pmax) : 10WP
- Voltage at Maximum Power (Vmp) : 17.5 V
- Current at Maximum Power (Imp) : 0.571 A
- Open circuit voltage (Voc) : 21 V
- Short circuit current (Isc) : 0.64 A
- Maximum System Voltage : 1000 V

- Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan harus memenuhi spesifikasi dengan tegangan operasi 5 V (standar) atau direkomendasikan sekitar 7-12V.

- Jenis : Arduino Uno
- Jenis Mikrokontroler : Atmega328P
- Batas tegangan : 6-20 V
- Maksimum arus per pin : 20Ma
- Maksimum arus yang dapat ditarik pin 3.3V:50Ma

- Motor

Motor yang digunakan adalah jenis motor DC dengan spesifikasi seperti berikut:

- Tipe : DC Motor Gear
- Jenis motor : Servo 20kg rc adventure power HD LW20MG
- Jenis gear : Metal gear
- Tegangan operasi: 4.8~6.6 DC Volts
- Torsi (4.8V) : 16.5 kg-cm (229.1 oz/in)
- Torsi (6.6V) : 20.0 kg-cm (277.7 oz/in)
- Kecepatan : 0.18 sec (4.8V) 0.16 sec (6.6V)

- Sensor LDR

Spesifikasi Sensor LDR yakni sebagai berikut:

- Voltage : 3.3V - 5V
- Tipe output : Digital Output (0 and 1)
- Dimensi : 3.2cm x 1.4cm
- Banyak : 4

- Sensor INA219

Sensor INA219 digunakan untuk mengukur arus dan tegangan listrik dengan presisi.

- Tegangan Operasi: Sensor INA219 biasanya bekerja pada rentang tegangan operasi antara 3.0 V hingga 5.5 V
- Pengukuran Arus : Rentang pengukuran arus dapat bervariasi tergantung pada model, tetapi biasanya berkisar antara ± 3.2 A hingga ± 400 A

- Elektrolisis

Spesifikasi Elektrolisis yakni Menggunakan Teko dan Karbon Pensil



Gambar 5 Elektrolisis

- Bahan Elektroda : Menggunakan karbon pensil sebagai elektroda untuk proses elektrolisis. Karbon pensil biasanya terbuat dari grafit yang merupakan bahan yang baik untuk elektroda karena daya hantar listrik
- Elektrolit : Elektrolit yang digunakan dalam kasus ini mungkin air (H_2O) sebagai sumber hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2). Air adalah elektrolit yang umum digunakan dalam elektrolisis air.

- Baterai Aluminium

Baterai aluminium dengan menggunakan aluminium foil dan bubuk karbon sebagai bahan.

- Bahan Utama: Aluminium foil sebagai katoda dan udara (oksigen di udara) sebagai anoda. Bubuk karbon digunakan sebagai elektrolit padat untuk menghubungkan aluminium dan udara.
- Ukuran: berukuran menyerupai pipa paralon dengan diameter ($\pm$) 8 cm dan tinggi ($\pm$) 7 cm.
- Tegangan: Tegangan baterai Aluminium berkisar antara 0.7 hingga 2 volt tergantung pada kondisi reaksi.
- Banyak : 12 Baterai

- LCD 20x4

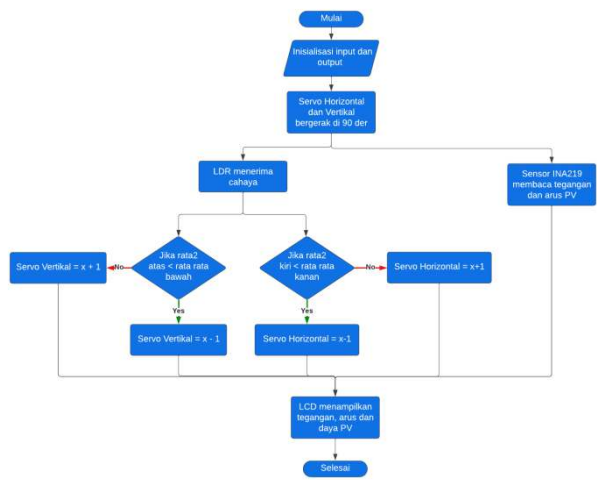
- Ukuran Layar: Layar LCD 20x4 memiliki ukuran 20 karakter per baris dan 4 baris.
- Teks: LCD 20x4 biasanya digunakan untuk menampilkan teks dalam format ASCII.

B. Desain Perangkat Lunak

Alur kerja sistem ini dimulai dengan penerimaan cahaya matahari oleh panel surya ("Penerimaan Cahaya"). Intensitas cahaya matahari yang diterima juga dideteksi oleh sensor LDR ("Pendeteksian Cahaya"). Data dari LDR digunakan untuk mengontrol pergerakan panel surya secara vertikal dan horizontal melalui servo motor ("Kontrol Vertikal" dan "Kontrol Horizontal"). Selanjutnya, panel surya mengirim daya ke sensor INA219 untuk mengukur tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya ("Pengukuran Tegangan dan Arus"). Data dari INA219 dikirimkan ke mikrokontroler untuk ditampilkan di layar LCD 20x4 ("Tampilan Data Tegangan, Arus, dan Daya").

Selain itu, energi dari panel surya juga digunakan untuk menjalankan proses elektrolisis, yang memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen ("Proses Elektrolisis" dan "Pemisahan Air"). Gas-gas hasil elektrolisis disimpan dalam baterai aluminium

sebagai sumber energi alternatif ("Penyimpanan Gas"). Seluruh alur ini mencerminkan proses dari penerimaan cahaya matahari hingga pengukuran tegangan dan arus, pemantauan data pada layar LCD, dan penggunaan energi alternatif yang dihasilkan melalui proses elektrolisis. Berikut desain perangkat lunak:



Gambar 6. Desain Perangkat Lunak

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bentuk Fisik Alat



Gambar 7 Bentuk Fisik

. Modul surya mengumpulkan energi dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Empat LDR ditempatkan di atas modul surya untuk mengukur intensitas cahaya dari berbagai arah. Arduino Uno membaca data dari LDR dan mengontrol Motor DC untuk pergerakan vertikal modul surya serta motor DC untuk pergerakannya, sehingga modul surya selalu menghadap matahari secara optimal sepanjang hari. Selain pelacakan, energi berlebih yang dihasilkan oleh modul surya dapat diarahkan ke proses elektrolisis untuk memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen. Layar LCD menampilkan informasi seperti daya atau energi yang dihasilkan oleh modul surya, yang dikendalikan oleh Arduino. Keseluruhan sistem ini memastikan pemanfaatan maksimal energi surya dan pelacakan matahari yang akurat.

B. Pengujian Sistem

Pengujian jangka panjang, berupaya untuk menguji keandalan sistem dalam kondisi operasional yang berkelanjutan sekaligus memberikan wawasan mendalam

tentang potensi masalah dan peluang optimalisasi, juga akan mengidentifikasi risiko yang mungkin muncul selama proses elektrolisis dan pergerakan mekanis.

1. Pengujian Motor DC HD LW20MG

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan servo dalam merespons dengan tepat terhadap perintah yang diberikan, mengukur akurasi pergerakan, respons terhadap perubahan intensitas cahaya, serta kemampuan mempertahankan posisi yang diinginkan.

Tabel 1 Pengujian Servo

No	Jenis Pengujian	Hasil	Keterangan
1.	Pengujian Pergerakan	Tepat dan lancar di 30°	Servo bergerak dengan akurasi yang baik.
2.	Pengujian Akurasi	Akurat di 45°	Servo berhenti di sudut yang diinginkan.
3.	Pengujian Kecepatan	Sesuai dengan harapan pada putaran 180°	Waktu gerakan servo dalam kisaran normal.
4.	Pengujian Responsivitas	Respons cepat di putaran 90°	Servo merespons perintah dengan cepat.
5.	Pengujian Kontinuitas	Stabil dan konsisten	Motor servo beroperasi secara berulang dengan baik.
6.	Pengujian dengan LDR	Respons sesuai data LDR	Servo menggerakkan modul sesuai perubahan intensitas cahaya.
7.	Kesimpulan	Semua dalam batas normal	Motor servo berfungsi dengan baik dan akurat.

Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa servo motor berfungsi dengan baik dalam mendukung pergerakan vertikal modul surya dan pelacakan matahari yang akurat.

2. Pengujian LDR

Hasil pengujian LDR (Light Dependent Resistor) dapat dilihat dalam tabel berikut:

Table 2 Pengujian LDR

Tes point (cm)	Intensitas cahaya (Cd)	Resistansi (ohm)
1	840	100
2	390	250
3	275	450
4	125	500
5	109	1k
6	65	1.4k
7	50	1.5k

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa LDR berfungsi dengan akurat dan konsisten, serta dapat memberikan data yang diperlukan untuk mengontrol pergerakan modul surya.

3. Pengujian Modul Surya

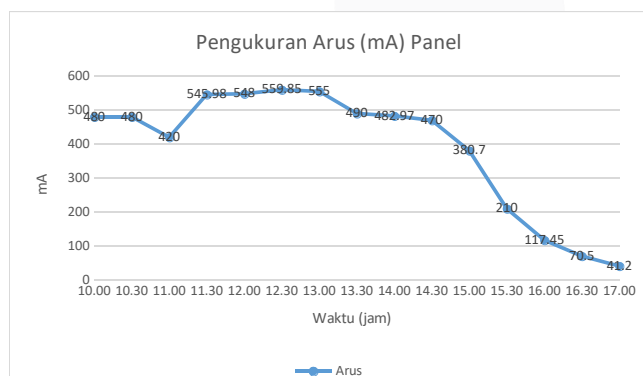
Pengujian operasional sistem pelacakan modul surya dua sumbu dengan integrasi elektrolisis untuk memahami kinerja dan potensi penghasilan energi alternatif. Pengujian ini akan berlangsung selama 1 hari, dengan modul surya 10WP beroperasi selama 8 jam setiap harinya. Pengujian akan mencakup hasil energi yang dihasilkan oleh modul surya dalam setiap sesi operasional harian. Data ini akan digunakan untuk menganalisis efektivitas pelacakan dua sumbu terhadap peningkatan produksi energi. Selain itu, data hasil pengukuran dari proses elektrolisis akan dicatat untuk menjadi gas Hidrogen.

Table 3 Hasil Pengukuran keluaran PV

Hari	Arus (mA)	Tegangan (V)	Daya (mW)
Siang Hari (Maks)	559.85	11.19	7944.00
Sore Hari (Min)	41.20	4.76	196.00

Keterangan tabel 4.3:

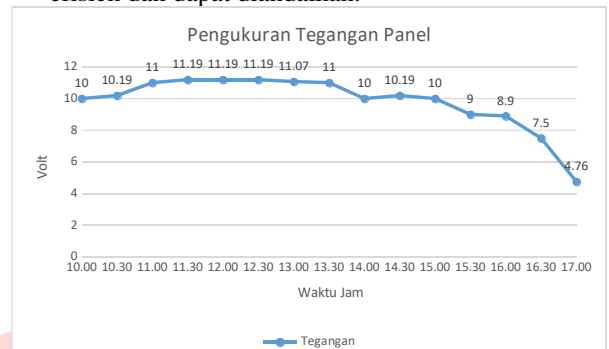
- Arus (mA) : Arus yang dihasilkan oleh modul surya dalam miliampere.
- Tegangan (V): Tegangan yang dihasilkan oleh modul surya dalam volt.
- Daya (mW): Daya yang dihasilkan oleh modul surya dalam miliwatt.



Gambar 8 Pengukuran Arus

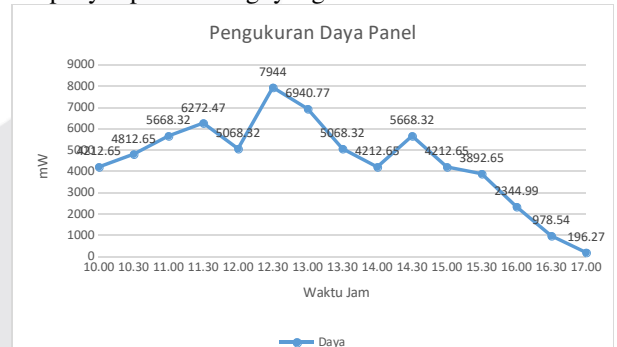
Berdasarkan gambar 4.2 dihasilkan dari modul surya 10WP pada setiap berdasarkan arus. Dari data pengukuran keluaran arus modul surya 10WP selama sehari, terlihat variasi arus yang signifikan sepanjang waktu. Dimulai dengan 480 mA pada pukul 10.00, arus meningkat hingga mencapai puncaknya pada pukul 12.30 dengan 559.85 mA, sebelum kemudian merosot drastis hingga hanya 41.2 mA pada pukul 17.00. Variasi ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk perubahan intensitas cahaya matahari, perubahan sudut matahari terhadap modul surya sepanjang hari, serta potensi pengaruh cuaca seperti awan. Analisis data ini memberikan

wawasan penting tentang bagaimana performa modul surya dipengaruhi oleh perubahan cahaya matahari sepanjang hari, yang dapat digunakan untuk perencanaan sistem energi surya yang lebih efisien dan dapat diandalkan.



Gambar 9 Pengukuran Tegangan

Hasil pengukuran keluaran tegangan pada gambar 4.3 dari modul surya 10WP selama periode pengujian mengungkapkan pola perubahan yang mencerminkan fluktuasi intensitas cahaya matahari selama hari tersebut. Dimulai dari tegangan sekitar 10V pada pukul 10.00, tegangan sedikit naik menjadi 10.19V pada pukul 10.30, kemudian melonjak tajam menjadi 11.19V pada pukul 11.00. Tegangan ini dipertahankan pada tingkat yang relatif stabil hingga pukul 12.30, saat mencapai puncak tertinggi sekitar 11.07V. Namun, setelah itu, terjadi penurunan signifikan dalam tegangan, turun menjadi 8.9V pada pukul 16.00, kemudian lebih lanjut merosot menjadi 4.76V pada pukul 17.00. Fluktuasi tegangan ini mencerminkan respons modul surya terhadap perubahan cahaya matahari seiring berjalannya waktu, yang dapat menjadi dasar untuk perencanaan penggunaan dan penyimpanan energi yang lebih efisien.



Gambar 10 Pengukuran Daya

Hasil pengukuran keluaran daya gambar 4.4 dari modul surya 10WP selama periode pengujian menggambarkan pola yang menarik. Pada pukul 10.00, daya yang dihasilkan mencapai 4212.65mW, dan kemudian meningkat menjadi 4812.65mW pada pukul 10.30. Selanjutnya, terjadi peningkatan yang signifikan saat modul surya mencapai daya tertingginya sekitar 5668.32mW pada pukul 11.00, dan mencapai puncaknya pada 6272.47mW pada pukul 11.30. Namun, setelah itu, terjadi penurunan daya, turun menjadi 5668.32mW pada pukul 11.30, dan kemudian lebih lanjut turun menjadi 5068.32mW pada pukul 12.00. Pukul 12.30

menandai peningkatan dramatis dalam daya yang dihasilkan, mencapai 7944mW, tetapi kemudian kembali turun menjadi 6940.77mW pada pukul 13.00. Fluktuasi ini berlanjut hingga pukul 15.30, ketika daya mencapai 3892.65mW, dan kemudian terjadi penurunan yang lebih tajam menjadi 196.27mW pada pukul 17.00. Analisis data ini menggambarkan respons modul surya terhadap perubahan intensitas cahaya matahari selama hari tersebut, yang dapat digunakan untuk perencanaan dan pengoptimalan sistem modul surya yang lebih baik.

4. Pengujian Elektrolisis

Pengujian elektrolisis dilakukan dengan menggunakan air yang telah dicampur dengan garam. Awal pengujian menunjukkan bahwa pH air sebelum proses elektrolisis adalah sekitar 6.94. Selama pengujian, air tersebut dipaparkan pada keluaran modul surya selama 8 jam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pH air mengalami peningkatan seiring berjalannya waktu. Setelah 8 jam proses elektrolisis, pH air meningkat menjadi 10.24. peningkatan pH ini mengindikasikan adanya peningkatan konsentrasi ion hidroksida (OH-) dalam larutan sebagai hasil dari proses elektrolisis. Nilai pH yang lebih tinggi menunjukkan sifat larutan yang lebih basa. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan bahwa selama elektrolisis, air mengalami reaksi kimia yang menghasilkan peningkatan konsentrasi OH- dan perubahan sifat larutan menjadi lebih basa.

Peningkatan pH ini mengindikasikan adanya peningkatan konsentrasi ion hidroksida (OH-) dalam larutan sebagai hasil dari proses elektrolisis. Nilai pH yang lebih tinggi menunjukkan sifat larutan yang lebih basa. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan bahwa selama elektrolisis, air mengalami reaksi kimia yang menghasilkan peningkatan konsentrasi OH- dan perubahan sifat larutan menjadi lebih basa.

5. Pengujian Baterai Alumunium

Elektrolisis yang dihasilkan dari modul surya dilakukan untuk memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen. Namun, dalam kasus ini, hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis kemudian dapat disimpan dalam baterai alumunium. Baterai ini bertindak sebagai tempat penyimpanan hidrogen, yang nantinya bisa digunakan sebagai sumber energi alternatif. Proses ini melibatkan penyimpanan gas hidrogen dalam baterai alumunium, yang dapat dimanfaatkan pada waktu-waktu tertentu untuk menghasilkan energi.

Selain memanfaatkan modul surya untuk menghasilkan listrik langsung, juga dimungkinkan untuk memanfaatkan hidrogen yang dihasilkan melalui elektrolisis sebagai bentuk penyimpanan energi alternatif. Dengan menggunakan baterai alumunium, dapat menjaga dan menyimpan gas hidrogen untuk digunakan saat diperlukan, yang dapat menjadi sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan. Pada percobaan ini, dilakukan elektrolisis air menggunakan listrik yang dihasilkan dari modul surya dengan daya 10 WP. Hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis kemudian disimpan dalam baterai alumunium sebagai bentuk penyimpanan energi alternatif. Data aktual menunjukkan bahwa pada siang hari, tegangan yang dihasilkan dari modul surya adalah 11.19V dengan arus sekitar 559.85mA. Daya yang dihasilkan pada saat ini adalah sekitar 7944.00mW. Ketika sore hari tiba,

tegangan modul surya turun menjadi sekitar 4.76V dengan arus sekitar 41.20mA, menghasilkan daya sekitar 196.00mW. Selanjutnya, gas hidrogen yang dihasilkan dari elektrolisis air disimpan dalam 12 baterai alumunium. Hasilnya, baterai-baterai ini mampu menghasilkan tegangan sekitar 8.5V.

V. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, telah sistem berhasil dirancang dan diimplementasikan, dapat disimpulkan bahwa penelitian telah mampu merancang sebuah prototype yang mengintegrasikan berbagai komponen seperti penjejak matahari dual axis, sensor LDR, proses elektrolisis, dan baterai alumunium. Tujuan ini tercapai dengan sukses melalui perancangan sistem yang terkoordinasi dengan baik dan integrasi komponen yang efisien. Adapun hasil pengujian menunjukkan bahwa proses elektrolisis mampu meningkatkan daya keluaran panel surya dengan signifikan dan penggunaan baterai alumunium sebagai penyimpanan energi alternatif juga terbukti berhasil. Integrasi sistem ini telah berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan energi surya sebagai sumber daya listrik yang ramah lingkungan. Dengan demikian, keseluruhan sistem ini menggambarkan potensi besar dalam mengoptimalkan pemanfaatan energi surya dan penyimpanan energi alternatif yang efisien, yang pada akhirnya dapat berkontribusi pada peningkatan keberlanjutan dan ramah lingkungan dalam penyediaan energi.

REFERENSI

- [1] Amalia, D., Abdillah, H., & Hariyadi, T. W. (2022). *5187-Article Text-12825-1-10-20220531*. 8(1), 12–21.
- [2] Z. A. Pane, W. Priharti, D. K. Silalahi, "Memaksimalkan Daya Output Panel Surya Menggunakan Metode Konvergensi Cahaya Dan Penjejak Matahari," pp. 28-35, 2022.
- [3] R. Arif Nugroho and M. Facta, "MEMAKSIMALKAN DAYA KELUARAN SEL SURYA DENGAN MENGGUNAKAN CERMIN PEMANTUL SINAR MATAHARI (REFLECTOR)."
- [4] ABB Solutions. (2010). Technical Application Papers No.10. Photovoltaic plants. *Technical Application Papers*, 10(10), 107. [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d54672ac6e97a439c12577ce003d8d84/\\$file/vol.10.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d54672ac6e97a439c12577ce003d8d84/$file/vol.10.pdf). v Diakses: 10 Januari 2023
- [5] Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10–14. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>
- [6] Single Axis Trackers: Introduction And Advantages, "https://www.google.com/search?sca_esv=561512511&sxsrf=AB5stBhg5bYrfsXr9PF_puL19KPzhYQqeg:1693450695978&q=solar+tracker&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwjy7a584WB

- AxXPzzgGHZzRAUkQ0pQJegQIChAB&biw=1920&bih=923&dpr=1#imgsrc=KgGcQgzPxzp8tM".
- [7] STUDI ELEKTROKIMIA BATERAI ALUMINIUMUDARA DENGAN SILIKA XEROGEL SEBAGAI BAHAN ELEKTRODA, "URL:https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/jeee/article/download/1193/851".
- [8] Ahmet Aktaş, Yağmur Kirçiçek. (2016). Solar Cell Tracking System "https://zonaebt.com/panel-surya/wow-ada-panel-surya-canggih-yang-terinspirasi-dari-gerak-tumbuhan/"
- [9] M. Rafigy, Z. Fahmi, C. Ekaputri, and B. S. Aprilia, "Pengoptimalan Keluaran Daya Sel Surya Menggunakan Metode Konvergensi Cahaya," pp.1-9, 2019.
- [10] Tianto et al.. "Meningkatkan Daya Output Panel Surya Dengan Sun Tracker Berbasis Waktu," 2019.
- [11] M. A. Saputra, M. F. Azis, E. A. Sinuraya, N. A. Firdaus, Rizky Nafiar Rafiandi. and D. F. U. Putra, "Inovasi Peningkatan Efisiensi Panel Surya Berbasis Fresnel Solar Concentrator Dan Solar Tracker," in *Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa*, 2014, vol. 5, no. 2, pp. 40-51.
- [12] Muh Asy Syarif, "Memaksimalkan daya keluaran panel surya menggunakan metode konvergensi cahaya dengan media konsentrasi lensa fresnel," 2021.
- [13] Sutarso Putra and W. Dwiono, "Rancang Bangun Penjejak Matahari 2 Sumbu Menggunakan Data Rtc (Real Time Clock) Untuk Panel Surya," vol. 21, n0. 2, pp. 91-98, 2020, (Online). Available: <http://jurnalnasional ump.ac.id/index.php/Techno>.
- [14] Eka (2023) Elektrolisis: Pengertian, Reaksi, Rumus, Contoh Soal "https://rumuspintar.com/elektrolisis/".
- [15] Kurniawan, D. (2015). Dual-axis solar tracking system design and implementation for solar PV power generation in Indonesia. *International Journal of Renewable Energy Research*, 5(2), 512-518.
- [16] Garg, H. P., Agarwal, V., & Kothari, D. P. (2002). Maximum power generation from a solar panel. *International Journal of Energy Research*, 26(3), 285-294.
- [17] Eltawil, M. A., & Zhao, Z. (2009). MPPT techniques for photovoltaic applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2493-2502.