

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PERANCANGAN *DUAL AXIS SOLAR TRACKER* GUNA
EFISIENSI PANEL SURYA DI ATAS KAPAL**



DHIMAS BAYU KUNCORO
0921003111

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PERANCANGAN *DUAL AXIS SOLAR TRACKER* GUNA
EFESIENSI PANEL SURYA DI ATAS KAPAL**



DHIMAS BAYU KUNCORO
0921003111

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dhimas Bayu Kuncoro

Nomor Induk Taruna : 09.21.003.1.11

Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

“PERANCANGAN *DUAL AXIS SOLAR TRACKER* GUNA EFESIENSI PANEL SURYA DI ATAS KAPAL”

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 07 Agustus 2025



Dhimas Bayu Kuncoro
NIT. 09.21.003.1.11

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : PERANCANGAN *DUAL AXIS SOLAR TRACKER*
GUNA EFISIENSI PANEL SURYA DI ATAS KAPAL
Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
KELISTRIKAN KAPAL
Nama : DHIMAS BAYU KUNCORO
NIT : 0921003111
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk
dilaksanakan Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 03 Desember 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



DIANA ALIA, S.T., M.Eng

Penata (III/c)

NIP. 199106062019022003

Drs. TEGUH PRIBADI, M.Si, QIA

Pembina Utama Muda (IV/c)

NIP. 196909121994031001

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 198005172005021003

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : PERANCANGAN *DUAL AXIS SOLAR TRACKER* GUNA
EFISIENSI PANEL SURYA DIATAS KAPAL
Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
KELISTRIKAN KAPAL
Nama : DHIMAS BAYU KUNCORO
NIT : 0921003111
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk
dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 29 Juli 2025.....

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

DIANA ALIA, S.T., M.Eng

Penata (III/c)

NIP. 199106062019022003

Dosen Pembimbing II

Drs. TEGUH PRIBADI, M.Si, OIA

Pembina Utama Muda (IV/c)

NIP. 196909121994031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

DIRHAMSYAH S.E., M.Pd.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 197504302002121002

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PERANCANGAN *DUAL AXIS SOLAR TRACKER* GUNA EFESIENSI
PANEL SURYA DI ATAS KAPAL**

Disusun oleh:

DHIMAS BAYU KUNCORO
NIT. 0921003111

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 04 Desember 2024

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III



EDI KURNIAWAN, S.ST, MT
Penata (III/c)
NIP. 198312022019021001



Dr. Capt. SAMSUL HUDA, M.Mar.M.M
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197212281998031001



DIANA ALIA, S.T., M.Eng
Penata (III/c)
NIP. 199106062019022003

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198005172005021003

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PERANCANGAN *DUAL AXIS SOLAR TRACKER* GUNA EFESIENSI
PANEL SURYA DI ATAS KAPAL**

Disusun oleh:

DHIMAS BAYU KUNCORO
NIT. 0921003111

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

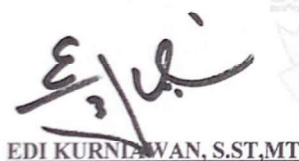
Surabaya, 30 Juli 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III



EDI KURNIAWAN, S.ST.MT
Penata (III/c)
NIP. 198312022019021001

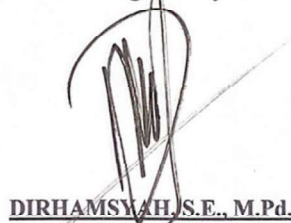


Dr. Capt. SAMSUL HUDA, M.Mar.M.M
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197212281998031001



DIANA ALIA, S.T., M.Eng
Penata (III/c)
NIP. 199106062019022003

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi/Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197504302002121002

ABSTRAK

Dhimas Bayu Kuncoro, Analisis Perancangan *dual axis solar tracker* guna efisiensi panel surya diatas kapal. Di bimbing oleh Ibu Diana Alia, S.T.,M.Eng selaku pembimbing I dan Bapak Teguh Pribadi, M.Si, QIA selaku pembimbing II.

Perancangan *system Dual Axis Solar Tracker* adalah sistem mekanik dan elektronik yang dirancang untuk menggerakkan panel surya secara otomatis mengikuti arah pergerakan matahari pada dua sumbu, yaitu sumbu horizontal (timur-barat) dan sumbu vertikal (utara-selatan). Perancangan sistem *dual axis solar tracker* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi panel surya yang dipasang di atas kapal. Sistem ini dirancang untuk secara otomatis menggerakkan panel surya mengikuti pergerakan sumber cahaya, baik secara horizontal maupun vertikal. Dengan memanfaatkan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) sistem dapat mendeteksi intensitas cahaya panel surya terhadap matahari. Dalam penelitian ini, Arduino Nano digunakan sebagai pengendali utama, yang berfungsi untuk memproses data dari sensor dan mengatur pergerakan motor penggerak. Selain itu, sistem dilengkapi dengan sensor arus dan tegangan untuk memonitor performa panel surya serta ESP32 untuk komunikasi data ke website monitoring. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini mampu menjaga panel surya dalam posisi tegak lurus terhadap sinar matahari, sehingga meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan dibandingkan dengan metode pemasangan tetap. Keberhasilan sistem ini tidak hanya meningkatkan output energi dari panel surya, tetapi juga memberikan solusi praktis bagi aplikasi energi terbarukan di lingkungan yang dinamis seperti kapal, di mana posisi dan arah matahari terus berubah. Penelitian ini menegaskan pentingnya teknologi solar tracking dalam optimasi penggunaan energi terbarukan di sektor maritime. Hasil penelitian ini adalah perancangan *dual axis solar tracker* dengan membandingkan 3 metode diantaranya dengan menggunakan sensor LDR , RTC dan tidak menggunakan sensor atau dalam keadaan tetap. Hasil yang paling efektif dengan menggunakan sensor RTC menunjukkan output daya paling stabil dan tinggi, terutama karena matahari di wilayah tropis seperti Surabaya bergerak secara cukup konsisten mengikuti pola waktu.

Kata Kunci : Panel Surya, LDR, *Dual Axis , Tracking*, Arduino Nano , ESP 32

ABSTRACT

Dhimas Bayu Kuncoro, Analysis of the Dual Axis Solar Tracker Design to Improve Solar Panel Efficiency on Board a Ship.

Supervised by Mrs. Diana Alia, S.T., M.Eng as the First Supervisor and Mr. Teguh Pribadi, M.Si, QIA as the Second Supervisor.

The Dual Axis Solar Tracker System Design is a mechanical and electronic system developed to automatically move solar panels in alignment with the sun's position along two axes: the horizontal axis (east-west) and the vertical axis (north-south). The design of a dual-axis solar tracker aims to enhance the efficiency of solar panels installed on ships. This system is designed to automatically adjust the solar panels to follow the movement of the light source both horizontally and vertically. By utilizing Light Dependent Resistor (LDR) sensors, the system can detect light intensity and for the solar panels relative to the sun. In this study, an Arduino Uno is employed as the main controller, responsible for processing data from the sensors and controlling the movement of the drive motors. Additionally, the system is equipped with current and voltage sensors to monitor the performance of the solar panels, as well as a ESP 32 for data communication to a monitoring website. The implementation results demonstrate that this system can maintain the solar panels in a position perpendicular to sunlight, thus increasing energy efficiency compared to fixed installation methods. The success of this system not only boosts energy output from solar panels but also provides a practical solution for renewable energy applications in dynamic environments like ships, where the position and direction of sunlight continuously change. This research underscores the importance of solar tracking technology in optimizing renewable energy utilization in the maritime sector. The result of this research is the design of a dual-axis solar tracker by comparing three methods, including using LDR sensors, RTC, and without using sensors or in a fixed state. The most effective result using RTC sensors shows the most stable and high output power, especially since the sun in tropical regions like Surabaya moves quite consistently following a time pattern.

Keywords : Solar Cell, LDR, Dual Axis, Tracking, Arduino Nano ,ESP 32

KATA PENGANTAR

Kami memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas penelitian tentang Perancangan *Dual Axis Solar Tracker* Guna Efisiensi Panel Surya di atas Kapal

Karya Ilmiah Terapan (KIT) merupakan salah satu persyaratan baku taruna untuk menyelesaikan studi program Sarjana Terapan tingkat IV dan wajib diselesaikan pada periode yang ditetapkan. KIT merupakan proses penyajian keadaan tertentu yang dialami taruna pada saat melaksanakan praktek laut ketika berada di atas kapal.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi bahasa, susunan kalimat, maupun cara penulisan serta pembahasan materi akibat keterbatasan penulis dalam penguasaan materi, waktu dan data-data yang diperoleh.

Untuk itu peneliti senantiasa menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penelitian karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan dari berbagai pihak, olehnya itu peneliti mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya, khususnya kepada kedua orang tua dan saudara tercinta serta senior-senior yang selalu memberi dukungan baik moril maupun material serta kepada:

1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd, Selaku Ketua Jurusan Elektro.
3. Ibu Diana Alia, S.T, M.Eng, dan Bapak Drs. Teguh Pribadi M.Si, QIA Selaku dosen pembimbing materi.
4. Bapak/Ibu dosen Politeknik Pelayaran Surabaya, Saya sadar bahwa dalam penelitian karya ilmiah terapan ini masih terdapat banyak kekurangan.
5. Kedua orang tua saya yang telah mendukung peneliti untuk menyelesaikan pendidikan dan penyelesaian KIT.
6. Teman-teman semua yang telah membantu dalam memperoleh masukan, data, sumber informasi, serta bantuan untuk menyelesaikan karya ilmiah terapan.
7. Semua pihak yang tidak dapat taruna sebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan penelitian karya ilmiah terapan ini.
8. Segenap crew MT. Deep Blue dan MT. Hippo yang telah memberikan banyak ilmu dan membimbing selama penulis melaksanakan praktik laut.

Terimakasih kepada beliau dan semua pihak yang telah membantu, semoga semua amal dan jasa baik mereka dapat imbalan dari Allah SWT dan semoga proposal ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca serta dapat membantu untuk kemajuan pelayaran di Indonesia.

Surabaya, 18 November 2025

Dhimas Bayu Kuncoro

DAFTAR ISI

KARYA ILMIAH TERAPAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori	7
BAB III METODE PENELITIAN	17

A. Perancangan Sistem	17
B. Model/Perancangan alat/software/desain	19
C. Rencana Pengujian/Desain Uji Coba Produk.....	25
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	29
A. Hasil Penelitian / Uji Coba Produk	29
B. Analisa Data / Revisi Produk Akhir.....	70
C. Kajian Produk Akhir	81
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	86
A. Simpulan	86
B. Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Review Penelitian	6
Tabel 3. 1. Keterangan Desain Electrical/Wiring Diagram.....	24
Tabel 4. 1. Pengujian Statis <i>Solar Cell</i> pada Sudut 60°	34
Tabel 4. 2. Pengujian Statis <i>Solar Cell</i> pada Sudut 90°	36
Tabel 4. 3. Pengujian Statis <i>Solar Cell</i> pada Sudut 120°	37
Tabel 4. 4. Pergerakan panel surya sumbu X dan sumbu Y.....	46
Tabel 4. 5. Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Sensor LDR Hari ke-1.....	50
Tabel 4. 6. . Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Sensor LDR Hari ke-2.....	50
Tabel 4. 7. . Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Sensor LDR Hari ke-3.....	51
Tabel 4. 8. . Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Sensor LDR Hari ke-4.....	52
Tabel 4. 9. . Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Sensor LDR Hari ke-5.....	52
Tabel 4. 10. Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Sensor LDR Hari ke-6.....	53
Tabel 4. 11. . Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Sensor LDR Hari ke-7.....	53
Tabel 4. 12. Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Sensor LDR Hari ke-8.....	54
Tabel 4. 13. Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Sensor LDR Hari ke-9.....	55
Tabel 4. 14. Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Sensor LDR Hari ke-10.....	55
Tabel 4. 15. Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Modul RTC Hari ke-11	56
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Modul RTC Hari ke-12	57
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Modul RTC Hari ke-13	58
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Modul RTC Hari ke-14	58
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Modul RTC Hari ke-15	59
Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Modul RTC Hari ke-16	60
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Modul RTC Hari ke-17	60
Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Modul RTC Hari ke-18	61
Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Modul RTC Hari ke-19	62
Tabel 4. 24 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Modul RTC Hari ke-20	62
Tabel 4. 25. Hasil Pengujian Panel Surya Keadaan Statis Hari ke-21	63
Tabel 4. 26 Hasil Pengujian Panel Surya Keadaan Statis ke-22	64
Tabel 4. 27. Hasil Pengujian Panel Surya Keadaan Statis Hari ke-23	64
Tabel 4. 28. Hasil Pengujian Panel Surya Keadaan Statis Hari ke-24	65
Tabel 4. 29. Hasil Pengujian Panel Surya Keadaan Statis Hari ke-25	66
Tabel 4. 30. Hasil Pengujian Panel Surya Keadaan Statis Hari ke-26	66
Tabel 4. 31. Hasil Pengujian Panel Surya Keadaan Statis ke-27	67
Tabel 4. 32. Hasil Pengujian Panel Surya Keadaan Statis Hari ke-28	67
Tabel 4. 33. Hasil Pengujian Panel Surya Keadaan Statis Hari ke-29	68
Tabel 4. 34. Hasil Pengujian Panel Surya Keadaan Statis Hari ke-30	69
Tabel 4. 32. <i>Output</i> Rata-Rata Panel Surya dengan Sensor LDR (Watt).....	71
Tabel 4. 33. <i>Output</i> Rata-Rata Panel Surya Dengan Modul RTC (Watt)	74
Tabel 4. 34. <i>Output</i> Rata-Rata Panel Surya Keadaan Statis (Watt)	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Sel Surya 20 Wp	9
Gambar 2. 2. NodeMCU ESP32.....	10
Gambar 2. 3. Sensor Cahaya	12
Gambar 2. 4. Motor Linear Actuator	13
Gambar 2. 5. Gerak Semu Matahari	13
Gambar 2. 6. Gerak Semu Tahunan	14
Gambar 2. 7. <i>Dual Axis Solar Tracker</i>	15
Gambar 3. 1. Perancangan Sistem.....	17
Gambar 3. 2. Diagram Blok	19
Gambar 3. 3. Model Flowchart	22
Gambar 3. 4. Wiring Diagram.....	24
Gambar 3. 5. Desain Mekanik Tampak Atas Kiri.....	26
Gambar 3. 6. Desain Mekanik Tampak Atas Kanan.....	26
Gambar 3. 7. Desain Mekanik Tampak Bawah	27
Gambar 3. 8. Desain Mekanik Tampak Samping	27
Gambar 4. 1. Gambar Perancangan Alat.....	29
Gambar 4. 2. Pengujian (a) <i>Solar Cell</i> 20 Wp dan (b) Penggerak <i>Solar Cell</i>	30
Gambar 4. 3. (a) Gambar Panel Surya sudut 60° (b) Gambar Hasil Tegangan.....	33
Gambar 4. 4. Pengujian statis <i>solar cell</i> sudut 60°.....	34
Gambar 4. 5. Pengujian Panel Surya pada sudut 90°	35
Gambar 4. 6. Pengujian Panel Surya pada sudut 120 °	37
Gambar 4. 7. (a) Sensor LDR tanpa senter, (b) sensor LDR dengan senter	39
Gambar 4. 8. Pengujian RTC	40
Gambar 4. 9. Pengujian Mikrokontroler Arduino Nano	42
Gambar 4. 10. Pengujian Motor Linear	43
Gambar 4. 11. Pengujian Baterai 12 v 7 ampere	44
Gambar 4. 12. Panel Surya pada Posisi Tegak Lurus atau 90°.....	46
Gambar 4. 13. Panel Surya Posisi Mengarah Ke Barat sumbu (X)	47
Gambar 4. 14. Panel Surya Posisi mengarah ke arah selatan sumbu (Y)	47
Gambar 4. 15. Pemrograman Software	49
Gambar 4. 16. (a) Pengujian dengan Sensor LDR selama 5 Hari.....	72
Gambar 4. 17. (b) Pengujian dengan Sensor LDR selama 5 Hari.....	73
Gambar 4. 18. (a) Pengujian dengan modul RTC selama 5 Hari.....	75
Gambar 4. 19. (b) Pengujian dengan modul RTC selama 5 Hari	76
Gambar 4. 20. (a) Pengujian dalam keadaan Statis selama 5 Hari	78
Gambar 4. 21. (a) Pengujian dalam keadaan Statis selama 5 Hari	79
Gambar 4. 22. Perbandingan Daya antara LDR, RTC, dan Statis	80
Gambar 4. 23. <i>Solar Tracker</i> dalam Kondisi Statis	83
Gambar 4. 24. <i>Solar Tracker</i> menghadap ke Sumbu X	83
Gambar 4. 25. <i>Solar Tracker</i> menghadap ke Sumbu X	84
Gambar 4. 26. <i>Solar Tracker</i> Tampak dari Bawah	84
Gambar 4. 27. <i>Solar Tracker</i> menghadap ke Sumbu Y	85
Gambar 4. 28. <i>Solar Tracker</i> Tampak dari Atas.....	85

DAFTAR LAMPIRAN

Persamaan Rumus Daya Listrik (2. 1)	15
Persamaan Rumus Daya Listrik (2. 2)	16
Persamaan Rumus Daya Listrik (2. 3)	16
persamaan Rumus Pergerakan Matahari (4. 1)	31
Persamaan Rumus Sudut Jam Matahari (4. 2)	31
Persamaan Rumus Menentukan Tinggi Matahari (4. 3)	31
Persamaan Rumus Menentukan arah Matahari (4. 4)	32
Persamaan Rumus Daya Listrik (4. 5)	70

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan dasar dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk rumah tangga, industri, maupun di dunia maritim. Dengan meningkatnya permintaan energi dan penipisan sumber daya fosil, pencarian sumber energi alternatif yang berkelanjutan menjadi sangat penting. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah penggunaan panel surya, yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber daya terbarukan.

Sumber energi untuk pembangkit listrik di Indonesia sebagian besar disuplai dari energi fosil. Berbagai penelitian kini mengarah kepada pengembangan sumber- sumber energi alternative seperti energi nuklir energi surya (*solar energy*), energi air, energi angin, energi biomassa, energi panas bumi, dan energi gelombang laut. Pemanfaatan sumber energi alternatif guna memenuhi kebutuhan listrik di kapal sangat baik dilakukan dikarenakan selama ini listrik di kapal dihasilkan oleh generator yang membutuhkan bahan bakar yang berasal dari fosil yang tidak ramah lingkungan.

Indonesia sebagai negara beriklim tropis yang setiap tahunnya hanya terdapat musim kemarau dan hujan dapat memanfaatkan tenaga surya sebagai sumber energi alternatif untuk mencukupi kebutuhan pemakaian listrik sehari-hari seperti pemakaian lampu, kipas, dan perangkat yang membutuhkan tenaga listrik. Teknologi energi surya yang dimanfaatkan yaitu teknologi energi surya fotovoltaik (*photovoltaic*) yang merupakan teknologi pemanfaatan energi

surya dengan cara mengonversi energi tersebut menjadi arus listrik dengan menggunakan piranti semikonduktor yang disebut sel surya (solar cell). Pada penelitian (Sutaya and Ariawan, 2016) menerapkan Solar Tracker Cerdas serta Murah Berbasis Mikrokontroler 8 Bit Atmega 8535 dimana penelitian ini hanya memfokuskan di solar tracker dan daya yang didapatkan oleh panel surya saja tidak membahas sudut derajat matahari ataupun implementasi.

Sebagian besar instalasi panel surya tradisional bersifat statis, yang berarti mereka tidak dapat bergerak untuk mengikuti arah datangnya sinar matahari. Hal ini menyebabkan penyerapan energi matahari menjadi kurang optimal, terutama selama waktu-waktu tertentu dalam sehari ketika posisi matahari berubah. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan panel surya statis dapat menghasilkan output energi yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan sistem yang dilengkapi dengan pelacak matahari. Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu berbasis Arduino dengan LDR yang dimana penelitian ini memiliki fokus pada waktu pengambilan data dan membandingkannya yang menggunakan solar tracker dengan yang tidak menggunakannya, dan masih menggunakan metode satu sumbu (*single axis*) (Hidayatullah, 2024)

Dual axis solar tracker dirancang untuk mengatasi keterbatasan tersebut dengan memungkinkan panel surya bergerak secara horizontal dan vertikal. Dengan sensor cahaya dan mikrokontroler Arduino, sistem ini dapat secara otomatis menyesuaikan posisi panel agar selalu tegak lurus terhadap sinar matahari. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *dual axis solar tracker* dapat meningkatkan hasil energi yang dihasilkan hingga 30% lebih banyak dibandingkan dengan panel surya statis (Hidayati, Yanti and Jamal, 2020).

Dengan potensi yang besar untuk meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari, dual axis solar tracker menjadi solusi inovatif dalam pemanfaatan energi terbarukan. Sistem ini tidak hanya membantu memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara merancang sistem alat *dual axis solar tracker* yang efektif?
2. Bagaimana perbandingan tingkat efisiensi penyerapan energi matahari antara solar tracker yang menggunakan sensor LDR dan solar tracker yang menggunakan RTC?

C. Batasan Masalah

Untuk pokok bahasan dalam proposal karya ilmiah terapan ini tidak meluas, maka penulis hanya akan membatasi masalah hanya pada sebagai berikut :

1. Fokus pada Desain dan Implementasi Penelitian ini hanya akan membahas desain dan implementasi sistem *dual axis solar tracker* menggunakan mikrokontroler Arduino Nano.
2. Penggunaan Sensor Tertentu Sistem ini akan menggunakan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) untuk mendeteksi cahaya matahari sebagai

input utama untuk menggerakkan panel surya.

3. Keterbatasan Lingkungan Operasional Penelitian ini akan dilakukan dengan asumsi bahwa sistem beroperasi di lingkungan maritim yang memiliki kondisi cuaca dan gelombang yang bervariasi.
4. Output Daya Panel Surya Fokus penelitian adalah untuk mengukur dan menganalisis output daya dari panel surya yang terpasang pada *dual axis solar tracker* dibandingkan dengan panel surya statis.
5. Penelitian akan melakukan pengujian fisik Pengujian sistem hanya akan dilakukan dalam kondisi normal tanpa gangguan eksternal.
6. Data Monitoring dan Analisis Sistem monitoring yang digunakan dalam penelitian ini hanya akan mencakup parameter dasar seperti arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Dengan menetapkan batasan-batasan ini, diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih terfokus dan relevan terhadap tujuan utama, yaitu meningkatkan efisiensi energi panel surya di atas kapal melalui penggunaan sistem *dual axis solar tracker*.

D. Tujuan Penelitian

1. Sistem *solar tracker dual axis* dapat dirancang secara efektif dan stabil untuk digunakan di atas kapal dengan memperhitungkan pergerakan kapal dan arah sinar matahari.
2. Solar tracker yang menggunakan sensor LDR memiliki tingkat efisiensi penyerapan energi matahari yang lebih tinggi dibandingkan sistem berbasis RTC, karena dapat menyesuaikan posisi panel secara *real-time* terhadap arah sinar matahari yang aktual.

E. Manfaat Penelitian

1. Peningkatan Efisiensi Energi

Dengan menggunakan sistem *dual axis solar tracker*, panel surya dapat mengikuti pergerakan matahari secara optimal, yang memungkinkan peningkatan produksi energi listrik hingga 30-40% dibandingkan dengan panel surya statis.

2. Pengurangan Ketergantungan pada Energi Fosil

Penerapan teknologi ini membantu mengurangi ketergantungan kapal pada bahan bakar fosil. Dengan memanfaatkan energi matahari secara maksimal, kapal dapat beroperasi dengan lebih ramah lingkungan dan mengurangi emisi karbon, sejalan dengan upaya global dalam menghadapi perubahan iklim.

3. Stabilitas Pasokan Daya

Dual axis solar tracker memberikan kestabilan dalam pasokan daya listrik di atas kapal. Dengan sistem ini, para nelayan dan operator kapal tidak perlu khawatir tentang penurunan produktivitas akibat perubahan posisi matahari, sehingga mereka dapat mengandalkan sistem ini untuk menyediakan daya listrik secara optimal sepanjang hari.

4. Pengurangan Biaya Operasional

Dengan meningkatnya efisiensi energi dan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil, biaya operasional kapal dapat berkurang secara signifikan. Hal ini menciptakan lingkungan operasional yang lebih berkelanjutan dan mengurangi tekanan finansial pada para nelayan dan operator kapal.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengkaji efisiensi energi terbarukan berbasis *Solar Cell*. Adapun *review* penelitian sebelumnya dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2. 1.

Tabel 2. 1. Review Penelitian
Sumber : Dokumen Pribadi

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil	Perbedaan Penelitian
1.	IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON 2018)	An Analysis on Arduino based Single Axis Solar Tracker	Berdasarkan hasil penelitian dan sistem pelacakan sumbu tunggal berbasis sel fotovoltaik surya (SPV) menggunakan platform Arduino Uno untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan oleh panel surya sepanjang hari. Sistem ini secara otomatis menyesuaikan posisi panel untuk mencapai titik daya maksimum (MPP) sesuai dengan intensitas cahaya yang tersedia. Pengembangan sistem ini cocok untuk aplikasi surya berukuran besar, meskipun penggunaan sensor yang lebih canggih dapat meningkatkan biaya. Jika harga sistem ini bisa diturunkan, hal tersebut akan mendukung adopsi yang lebih luas dan keuntungan finansial yang lebih besar.	Penelitian sebelumnya sistem penggerak single axis dan mikrokontroler Arduino uno. Namun Penelitian ini peneliti memilih menggunakan system penggerak dual axis yang dapat bergerak ke sumbu X dan Y. ESP 3266 sebagai mikrokontrolnya
2.	Mohamad Nur Aiman Mohd Said, Siti Amely Jumaat, Clarence Rimong Anak Jawa Green and	Dual axis solar tracker with IoT monitoring system using arduino	Berdasarkan hasil penelitian membahas teknologi pengumpulan energi matahari memakai sel fotovoltaik dengan sistem pelacakan surya sumbu ganda. Sistem ini dibuat buat memaksimalkan daya keluaran dengan melacak	Penelitian sebelumnya hanya menggunakan 2 sesnor cahaya dan menggunakan motor servo sebagai penggeraknya

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil	Perbedaan Penelitian
	Sustainable Energy Focus Group, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Malaysia (2020)		posisi mentari secara aktif. Sistem pelacakan terdiri berasal sensor, pembanding, serta rangkaian kontrol berbasis mikrokontroler buat menggerakkan dua motor stepper roda gigi, yang mengatur panel matahari agar tetap sejajar menggunakan sinar mentari. Sistem yang dibangun membagikan peningkatan daya sebanyak 52,78% dibandingkan panel tidak aktif. Pelacak mengikuti jalur mentari berasal pagi sampai sore serta balik ke posisi awal pada malam hari, berhemat tenaga dengan mematikan motor di malam hari. Teknologi ini sederhana, berbiaya rendah, dan akurat. Keunggulan perolehan energi lebih tinggi dibandingkan panel tidak aktif serta pelacak sumbu tunggal, sistem ini menawarkan efisiensi tinggi dan perawatan rendah.	sedangkan Penelitian ini menggunakan peneliti menambah empat buah sensor cahaya yang diletakkan pada setiap sudut panel surya. Peneliti memilih motor linear sebagai penggeraknya.

B. Landasan Teori

Pada landasan teori ini tentang sumber teori yang kemudian akan menjadi dasar dari pada penelitian. Hal ini penting karena pembaca akan dapat memahami mengapa masalah atau tema yang diangkat dalam penelitiannya. Disamping itu, landasan teori bermaksud untuk menunjukkan bagaimana masalah tersebut dapat dikaitkan dengan hasil penelitian dengan pengetahuan yang lebih luas.

Pada landasan teori ini peneliti memaparkan tentang pengertian dari alat-alat yang akan digunakan oleh peneliti : *solar cell*, *software* Arduino Uno, NodeMCU Esp 32, Sensor (LDR), Motor linear *actuator*, Gerak Semu

Tahunan Matahari, Sistem *Tracking* Matahari, dan Daya.

1. *Solar Cell*

Photovoltaic merupakan modul sel surya yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi tenaga listrik dengan arus DC (Diniardi *et al.*, 2017). Arus DC yang dihasilkan kemudian diubah menjadi arus AC dengan menggunakan inverter serta mampu mengontrol otomatis untuk mengatur sistem.

Arus AC lalu dibagikan pada panel distribusi indoor yang bertujuan mengalirkan listrik sesuai kebutuhan pada peralatan listrik. Teknologi masa kini yang memiliki beberapa keuntungan diantaranya harganya murah, bersih, mudah dipasang dan dioperasikan dan muda dirawat.

Sedangkan kekurangan yang terdapat dalam pengembangan energi surya photovoltaic merupakan investasi awal yang besar dan harga per-kWh listrik yang dibangkitkan relatif tinggi, Untuk menghasilkan daya besar, diperlukan banyak panel dan ruang instalasi. karena memerlukan subsistem yang terdiri dari baterai, unit pengatur dan inverter sesuai dengan kebutuhannya. Sama halnya seperti baterai,

Penggunaan baterai untuk menyimpan energi saat malam hari menambah biaya. sel surya juga dapat dirangkai secara seri maupun paralel. Pada umumnya, setiap sel surya menghasilkan tegangan Sekitar 17 - 18 Volt dan Sekitar 1.1 - 1.2 Ampere pada saat menerima cahaya yang terang. Gambar 2.1 adalah gambar sel surya 20 wp yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. 1. Sel Surya 20 Wp

Sumber : <https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/55539>

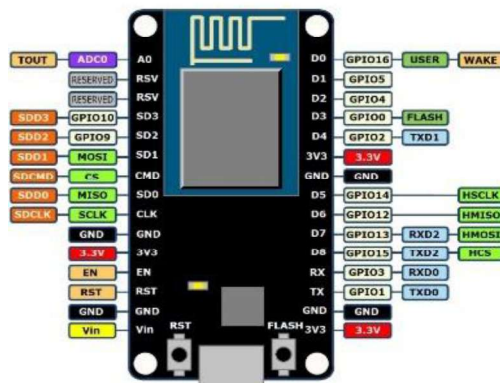
2. *Software* ARDUINO IDE

NodeMCU ESP32 dapat deprogram dengan compiler-nya Arduino, menggunakan Arduino IDE (Pasaribu and Reza, 2021). Memprogram NodeMCU ESP8266 menggunakan Arduino IDE adalah cara yang populer bagi pengembang untuk mengembangkan perangkat IoT dengan lebih mudah karena Arduino IDE menyediakan antarmuka pemrograman yang sederhana dan dukungan berbagai perpustakaan.

Arduino IDE adalah lingkungan pengembangan perangkat lunak yang awalnya dirancang untuk papan Arduino, namun kini telah diperluas untuk mendukung berbagai mikrokontroler, termasuk ESP32. Memprogram NodeMCU ESP32 menggunakan Arduino IDE membuat pengembangan perangkat *IoT* menjadi fleksibel dan mudah. Dukungan untuk banyak perpustakaan memungkinkan pengembang dengan cepat membangun aplikasi yang terhubung ke internet, menjadikan NodeMCU dan Arduino IDE kombinasi ideal untuk proyek *IoT* yang efektif dan efisien.

3. NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 merupakan platform berbasis mikrokontroler ESP8266 yang dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi (Auliya, Pambudiyatno and Hartono, 2022). NodeMCU menggabungkan modul ESP32 dengan firmware yang dapat diprogram menggunakan bahasa Lua atau Arduino IDE sehingga mudah digunakan oleh pengembang perangkat Internet of Things (IoT). ESP32 merupakan mikrokontroler dari Espressif Systems yang populer karena performanya yang andal, konsumsi daya yang rendah, dan harga yang relatif terjangkau. NodeMCU sebenarnya mengacu pada firmware yang digunakan dan bukan perangkat pengembangan perangkat keras. NodeMCU mirip dengan papan Arduino ESP32.



Gambar 2. 2. NodeMCU ESP32

Sumber : <https://99tech.com.au>

4. Sensor Cahaya (LDR)

a. Pengertian Sensor Cahaya

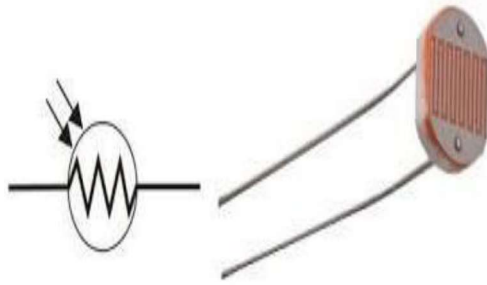
Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) merupakan salah satu sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi arah sinar matahari (Dekki Widiatmoko *et al.*, 2023). Sensor LDR memiliki nilai resistansi

yang akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi arah datangnya sinar matahari.

Sensor cahaya atau sensor ldr ini biasanya sering digunakan dalam berbagai rangkaian elektronik. LDR kepanjangan dari *Light Dependent Resistor*. LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya.

LDR itu sendiri ialah suatu jenis resistor yang berubah resistansinya karena mendapat pengaruh dari cahaya. Besarnya nilai resistansi pada sensor cahaya ini dapat berubah-ubah karena tergantung pada besar kecilnya intensitas cahaya yang diterima oleh sensor LDR itu sendiri. Apabila tidak ada cahaya atau gelap maka nilai tahanan pada sensor ini semakin besar, sedangkan jika cahayanya terang maka nilai tahanannya menjadi semakin kecil. Sensor LDR adalah suatu komponen yang digunakan dalam bidang elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Saklar cahaya otomatis dan alarm pencuri merupakan bentuk contoh dari alat yang menggunakan LDR. Akan tetapi karena responnya terhadap cahaya cukup lambat maka dari itu LDR tidak.

Sensor ini memiliki fungsi sangat luas dalam kehidupan sehari-hari salah satunya yaitu sebagai pendeteksi cahaya pada tirai otomatis. Beberapa komponen yang biasanya digunakan dalam rangkaian sensor cahaya adalah LDR (*Light Dependent Resistor*), *Photodiode*, dan *Photo Transistor*.



Gambar 2. 3. Sensor Cahaya

Sumber : <https://id.wikipedia.org/wiki/LDR>

b. Prinsip Kerja Sensor Cahaya

Prinsip kerja dari sensor LDR sendiri adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron. Pada umumnya satu foton dapat membangkitkan satu elektron. Biasanya pada saat gelap atau tidak ada cahaya, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya redup, LDR menjadi konduktor yang buruk atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup. Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut. Sehingga akan lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya terang, LDR menjadi konduktor yang baik atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi kecil pada saat cahaya terang.

5. Motor *Linear actuator*

Motor linear actuator adalah transmisi yang mengubah energi listrik secara langsung menjadi energi mekanis gerak linier tanpa memerlukan mekanisme konversi perantara (Dickson, 2018). Motor ini dapat dianggap

sebagai motor berputar yang "dipotong" dan "diratakan" sehingga menghasilkan gaya dorong linier. Struktur motor linear biasanya terdiri dari kumparan tiga fase dan magnet, dengan kontrol dan sistem umpan balik posisi yang mirip dengan motor rotary brushless.

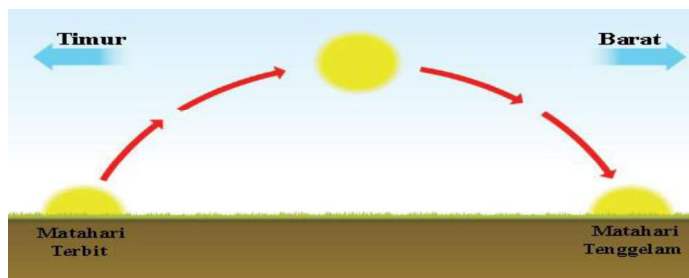


Gambar 2. 4. Motor Linear Actuator

Sumber : <https://www.iqsdirectory.com/>

6. Gerak Semu Matahari

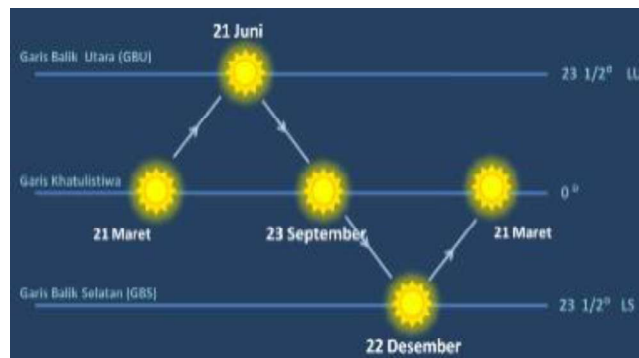
Gerak semu matahari terbagi menjadi dua yaitu gerak semu harian matahari dan gerak semu tahunan matahari (Azis, Rijaluddin Tahfiz and Nurdiana, 2023). Gerak semu harian matahari disebabkan oleh rotasi bumi pada porosnya dimana bumi berputar dari arah barat ke timur sehingga seolah-olah matahari bergerak dari timur ke barat. Gerak bumi berotasi tersebut membutuhkan waktu selama 23 jam 56 menit 4.091 detik. Dalam satu hari matahari bergerak sebesar 360° selama 24 jam. Sehingga dalam 1 jam matahari bergerak sejauh 15° .



Gambar 2. 5. Gerak Semu Matahari

Sumber : <https://www.antotunggal.com/>

Gerak semu tahunan matahari disebabkan oleh revolusi bumi dimana bumi mengelilingi matahari selama 365,25 hari sehingga seolah-olah matahari bergerak dari garis khatulistiwa, ke garis balik utara ($23,5^{\circ}$ LU), ke khatulistiwa lagi lalu ke garis balik selatan ($23,5^{\circ}$ LS). Dampak dari gerak semu tahunan matahari yaitu perbedaan penyinaran matahari dan perubahan musim dan temperature.



Gambar 2. 6. Gerak Semu Tahunan

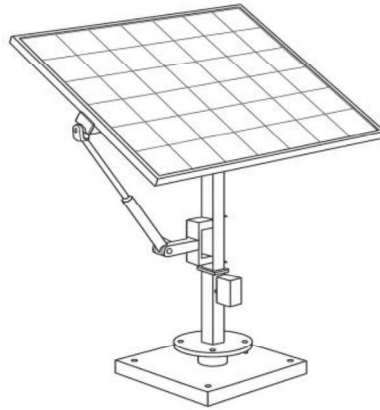
Sumber : <https://alasan-kenapa.blogspot.com/>

7. Sistem *tracking* matahari

Sistem tracking matahari, atau solar tracking system, adalah teknologi yang dirancang untuk mengoptimalkan penyerapan energi matahari oleh panel surya dengan cara mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari (Pardawantara *et al.*, no date). Dengan sistem ini, panel surya dapat tetap tegak lurus terhadap sinar matahari, sehingga meningkatkan efisiensi konversi energi. Ada dua jenis sistem tracking yang dapat digunakan yaitu single axis monitoring gadget dan dual axis tracking system.

Perbedaan kedua sistem tersebut terletak pada jumlah sumbu yang digunakan, *unmarried axis* hanya menggunakan satu sumbu sehingga pergerakannya hanya satu arah yaitu bolak-balik. Sedangkan dual axis

menggunakan 2 sumbu yaitu x dan y, dimana sumbu x akan menghasilkan pergerakan perputaran secara horizontal, sedangkan sumbu y akan menghasilkan pergerakan secara vertikal.



Gambar 2. 7. *Dual Axis Solar Tracker*

Sumber : Dokumen pribadi

8. Daya

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan suatu usaha (Ariyanto, Vokasi and Diponegoro, 2018). Daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha di dalam sistem tenaga listrik. Satuan untuk daya listrik umumnya adalah watt. Daya juga dapat didefinisikan sebagai laju aliran energi. Sumber energi seperti tegangan listrik dapat menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang tersambung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain daya listrik yaitu tingkat konsumsi energi dalam sebuah rangkaian/sirkuit listrik. Berikut adalah rumus Daya terdapat 3 persamaan rumus persamaan daya.

$$P = W/t \quad (2. 1)$$

Keterangan

P = Daya (Watt)

W = Usaha (Joule)

t = Waktu (Sekon)

$$P = V \cdot I$$

(2. 2)

Keterangan

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

$$P = I^2 R \text{ atau } P = V^2 / R$$

(2. 3)

Keterangan

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus Listrik (ampere)

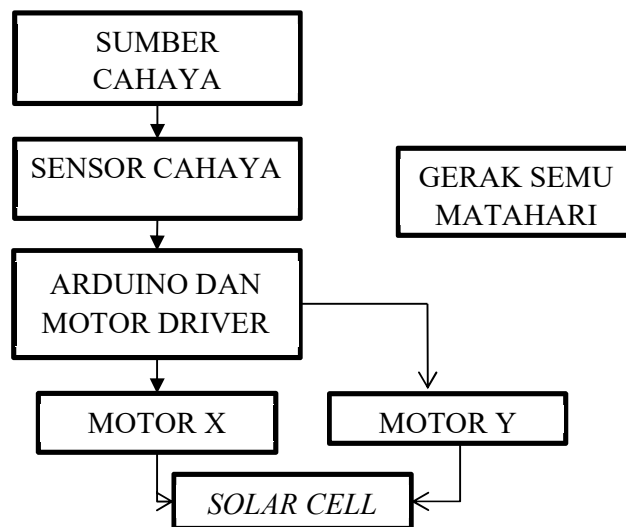
R = Hambatan Arus Listrik (Ω)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah perancangan *dual axis solar tracker* energi matahari. Proses perencanaan berdasarkan pada skema yang ditunjukkan pada Gambar 3. 1 .



Gambar 3. 1. Perancangan Sistem
Sumber : Dokumen Penelitian

1. Sumber Cahaya

Matahari, yaitu sumber utama cahaya yang ingin dideteksi. Posisi matahari yang terus berubah sepanjang hari menjadi acuan sistem untuk mengatur posisi panel surya agar tetap tegak lurus terhadap arah sinar matahari.

2. Sensor cahaya

Sensor LDR yang berfungsi mendeteksi intensitas cahaya dari berbagai arah, 4 buah sensor LDR yang dipasang dalam konfigurasi silang

untuk mendeteksi arah cahaya di sumbu X dan Y.

3. Gerak semu matahari

Gerak semu matahari adalah pergerakan harian matahari dari timur ke barat yang dapat diprediksi berdasarkan waktu. Informasi ini dapat digunakan sebagai alternatif atau pelengkap sensor cahaya, dengan bantuan RTC (*Real Time Clock*) atau algoritma waktu terprogram untuk mengetahui estimasi posisi matahari sepanjang hari.

4. Arduino Nano

Berfungsi sebagai otak sistem, dengan dua sumber input utama yaitu data dari sensor cahaya dan Informasi gerak semu matahari (melalui waktu atau data terprogram) Arduino Nano akan memutuskan perintah pergerakan motor berdasarkan salah satu atau kombinasi dari kedua input tersebut untuk mengatur arah panel.

5. Motor X dan Motor Y

Sistem menggunakan dua motor linear keduanya bekerja berdasarkan perintah dari Arduino Nano untuk mengatur arah panel.

- a. Motor X: Menggerakkan panel pada sumbu horizontal (timur-barat).
- b. Motor Y: Menggerakkan panel pada sumbu vertikal (atas-bawah atau utara-selatan).

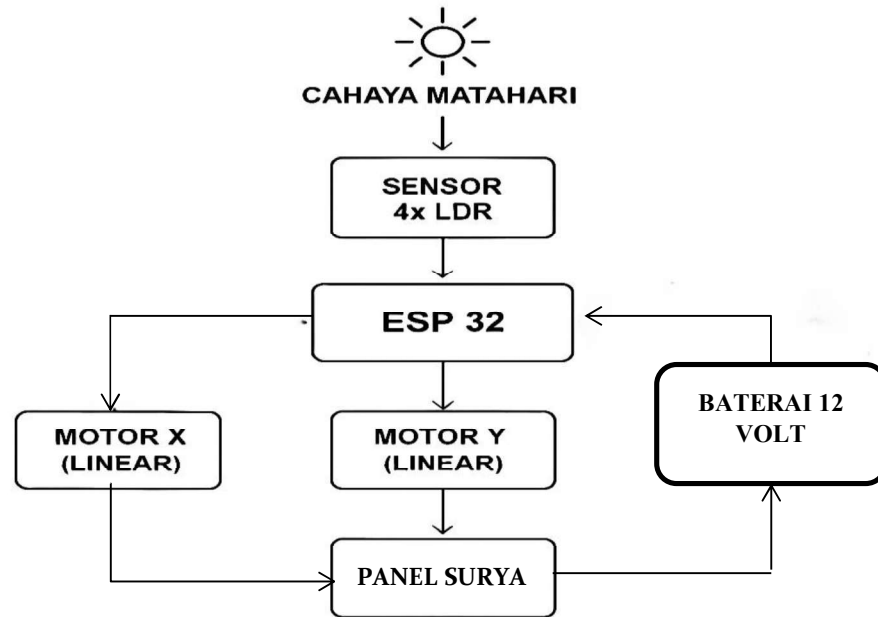
6. *Solar cell*

Panel surya ini dipasang pada sistem mekanik yang digerakkan oleh motor X dan Y. Tujuan akhirnya adalah agar solar cell selalu berada pada posisi optimal untuk menerima cahaya matahari maksimal dan mengubahnya menjadi energi listrik.

B. Model/Perancangan alat/software/desain

1. Diagram Blok

Model diagram blok secara umum sistem perancangan penelitian yang akan dilaksanakan terdiri dari beberapa bagian yang dapat digambarkan blok diagram pada Gambar 3. 2.



Gambar 3. 2. Diagram Blok
Sumber : Dokumen Penelitian

Berikut adalah penjelasan untuk perancangan alat pada gambar 3. 2.
yaitu:

a. Fungsi Umum Sistem

Sistem ini merupakan rangkaian otomatisasi untuk melacak posisi matahari secara dua sumbu (horizontal dan vertikal) guna memaksimalkan efisiensi penyerapan energi oleh panel surya. Dengan memanfaatkan sensor cahaya (LDR), sistem ini secara dinamis mengatur posisi panel surya agar selalu menghadap ke arah sumber

cahaya matahari yang paling terang sepanjang hari. Hal ini akan meningkatkan efisiensi pengisian daya baterai dibandingkan sistem panel tetap (*fixed*).

b. Deteksi Intensitas Cahaya dengan Sensor LDR

Empat buah sensor LDR (Light Dependent Resistor) ditempatkan pada keempat sisi panel surya untuk mendeteksi intensitas cahaya dari arah timur, barat, atas, dan bawah. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip resistansi yang berubah tergantung pada jumlah cahaya yang diterima. Data dari sensor-sensor ini digunakan untuk menentukan arah mana yang memiliki intensitas cahaya paling tinggi. Informasi tersebut kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolah data.

c. Mikrokontroler ESP32 Sebagai Otak Sistem

ESP32 berperan sebagai pusat pengontrol dan pemroses logika dalam sistem ini. Setelah menerima input dari sensor LDR, ESP32 akan membandingkan nilai intensitas dari masing-masing sensor. Jika ditemukan perbedaan intensitas yang signifikan, mikrokontroler akan mengaktifkan motor linear pada sumbu X atau Y untuk menggerakkan panel surya ke arah cahaya matahari yang lebih kuat. Selain itu, ESP32 juga mengatur kapan dan sejauh mana motor bergerak berdasarkan logika pemrograman yang ditanamkan.

d. Sistem Penggerak Dua Arah (Dual Axis)

Untuk menggerakkan panel surya, sistem ini menggunakan dua buah motor linear, yaitu:

- 1) Motor X (Linear) yang berfungsi untuk mengatur posisi panel secara horizontal (timur–barat),
- 2) Motor Y (Linear) yang bertugas mengatur pergerakan secara vertikal (atas–bawah atau utara–selatan).

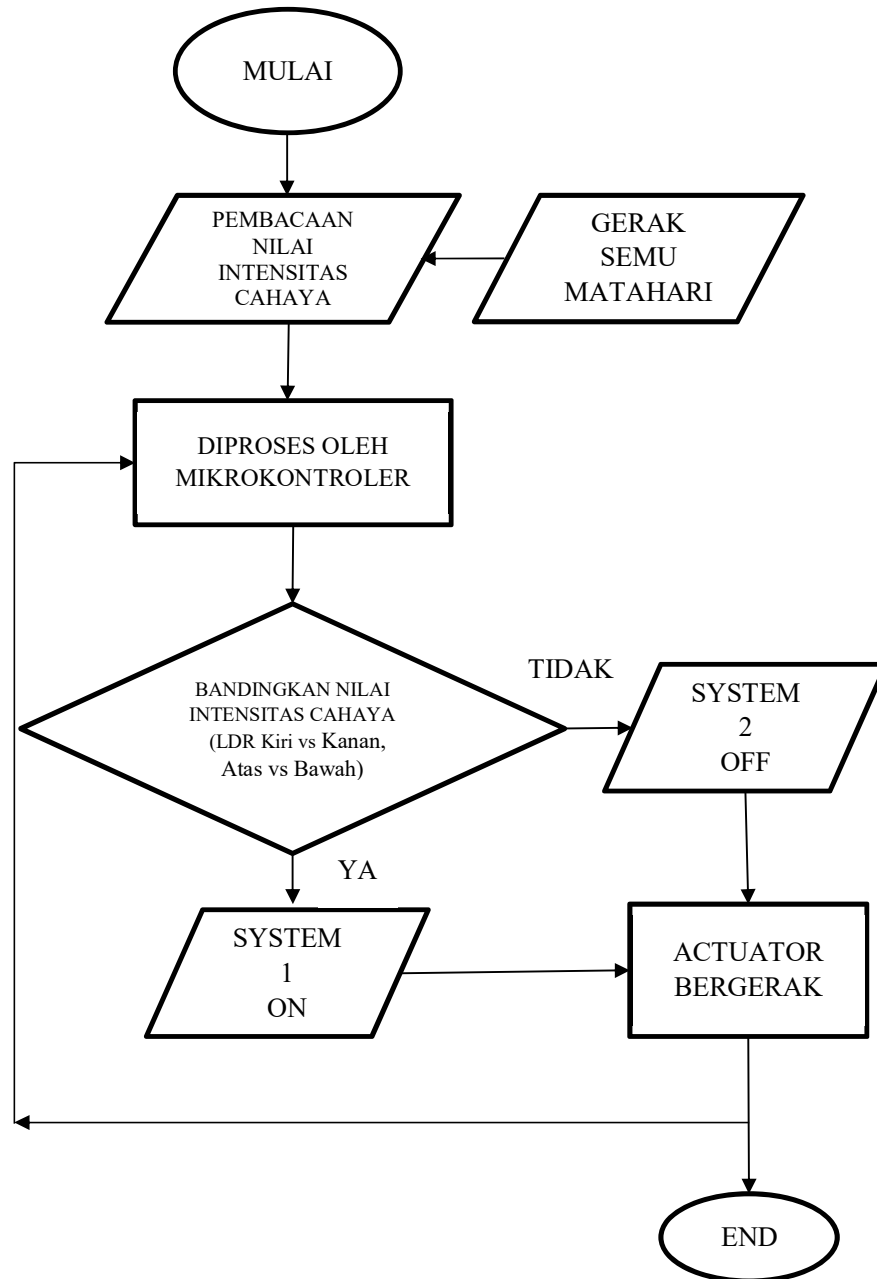
Kombinasi pergerakan dua sumbu ini memungkinkan panel surya untuk mengikuti pergerakan matahari dari terbit hingga terbenam, serta perubahan sudut elevasi harian, sehingga efisiensi penyerapan energi dapat dimaksimalkan.

e. Sumber Energi dan Penyimpanan

Energi listrik dihasilkan oleh panel surya berkapasitas 20 WP. Energi ini kemudian dialirkan dan disimpan ke dalam baterai 12V 7Ah, yang berfungsi sebagai sumber daya utama sistem. Baterai ini menyuplai energi untuk menjalankan ESP32 dan kedua motor linear. Dalam kondisi minim cahaya atau malam hari, sistem tetap dapat beroperasi karena memiliki cadangan daya dari baterai.

2. *Flowchart*

Model *Flowchart* secara umum sistem perancangan penelitian yang akan dilaksanakan terdiri dari beberapa bagian yang dapat digambarkan blok diagram pada Gambar 3. 3



Gambar 3. 3. Model Flowchart

Sumber : Dokumen Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari gambar 3.3 Flowchart di atas.

1. Mulai

Proses sistem dimulai ketika sistem diaktifkan mendapat pasokan daya.

2. Pembacaan Sensor Cahaya

Sensor LDR membaca intensitas cahaya dari empat arah (Kiri, Kanan, Atas, Bawah) untuk mendeteksi arah datangnya cahaya matahari.

3. Gerak Semu Matahari

Langkah ini menyatakan bahwa posisi matahari berubah-ubah (gerak semu), sehingga sistem perlu menyesuaikan posisi panel agar tetap menghadap ke arah intensitas tertinggi.

4. Diproses oleh Mikrokontroler

Mikrokontroler (Arduino Uno) mengolah data dari sensor cahaya untuk menentukan posisi arah cahaya matahari yang paling terang.

5. Perbandingan Nilai Intensitas Cahaya

Mikrokontroler membandingkan nilai intensitas dari:

- a. Jika nilai perbandingan intensitas sensor LDR Kiri vs Kanan (untuk sumbu X) , LDR Atas vs Bawah (untuk sumbu Y) sensor $LDR\ kiri > sensor\ LDR\ kanan$ dan $sensor\ LDR\ Atas > sensor\ LDR\ bawah$ maka sistem akan mengaktifkan untuk menggerakkan motor agar panel bergerak ke arah intensitas cahaya tertinggi.
- b. Jika nilai perbandingan intensitas hasilnya sama , maka sistem akan OFF motor tidak bergerak dan panel tidak bergerak

6. Cabang Keputusan:

Jika

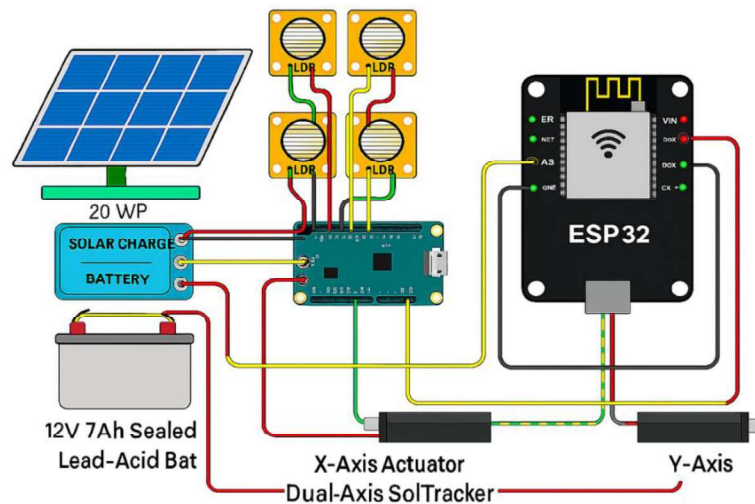
YA:

Artinya arah panel sudah optimal terhadap sinar matahari → Sistem 1 menyala → Motor Linear bergerak untuk menyempurnakan arah panel → Kembali ke pembacaan sensor (looping).

Jika TIDAK:

Arah panel belum tepat → Sistem 2 OFF (artinya sistem sebelumnya dimatikan agar motor tidak bergerak terus) → Motor Linear tetap digerakkan berdasarkan koreksi → Akhiri proses untuk 1 siklus (END).

3. Desain Electrical/wiring diagram



Gambar 3. 4. Wiring Diagram

Sumber : Dokumen Penelitian

Adapun keterangan dalam desain electrical/wiring diagram yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3. 3

Tabel 3. 1. Keterangan Desain Electrical/Wiring Diagram

Komponen	Fungsi	Koneksi / Catatan
Panel Surya	Mengubah cahaya matahari menjadi listrik (DC).	Output digunakan untuk mengisi baterai.
Baterai 12V	Menyimpan dan menyediakan daya ke sistem.	Sumber daya utama saat cahaya matahari kurang.
Solar Charge Controller	Mengatur aliran daya dari panel ke baterai dan sistem, serta mencegah overcharge	Input dari panel ,output ke baterai ,dan output sistem ke ESP32

Komponen	Fungsi	Koneksi / Catatan
Aduino Nano	Mikrokontroler utama yang membaca sensor dan mengontrol motor.	- 4 input analog dari LDR. - 2 output PWM ke motor
Sensor LDR (4 buah)	Mendeteksi arah datangnya cahaya.	Terhubung ke ESP32 melalui pembagi tegangan
Motor Linear (X & Y)	Menggerakkan panel secara horizontal dan vertikal	Dikendalikan oleh sinyal PWM dari ESP32.

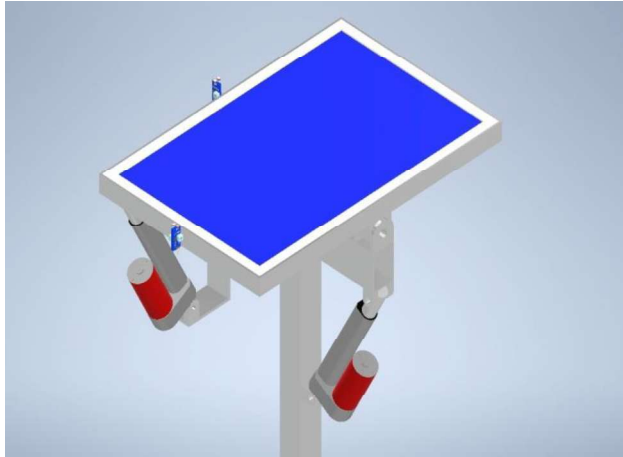
C. Rencana Pengujian/Desain Uji Coba Produk

1. Pengujian statis

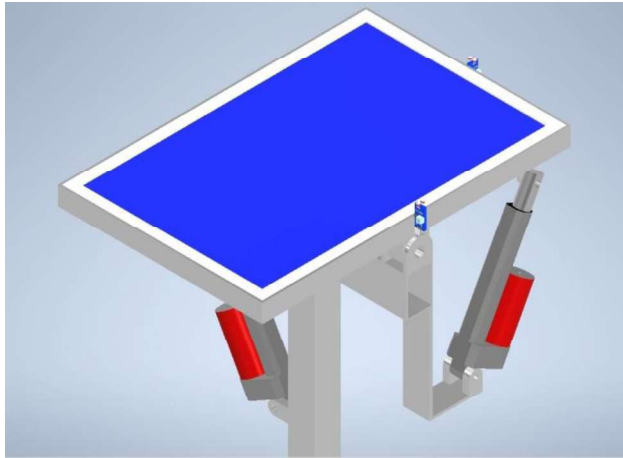
- a. Pengujian panel surya diujikan dengan memberi panel surya sinar matahari lalu diukur output tegangan dan arus listrik yang dihasilkan menggunakan multimeter.
- b. Pengujian sensor LDR, diujikan dengan memberi cahaya senter terhadap sensor LDR lalu diukur resistansinya.
- c. Pengujian ESP 32, diujikan dengan memberi tegangan 12 VDC lalu cek indikator LED power menyala dan dapat mengupload program ke dalam ESP 32. Kemudian apabila upload program berhasil indikator LED berkedip.
- d. Pengujian motor linear, diujikan dengan memberi tegangan 12 VDC untuk memastikan motor linear dapat bekerja dengan baik (bergerak maju dan mundur).
- e. Pengujian baterai 12 volt, diujikan dengan memberi tegangan lebih dari 12 volt untuk pengisian dan mengetahui daya penyimpanan baterai sebelum dan setelah pengisian diukur dengan multimeter.

2. Pengujian Dinamis.

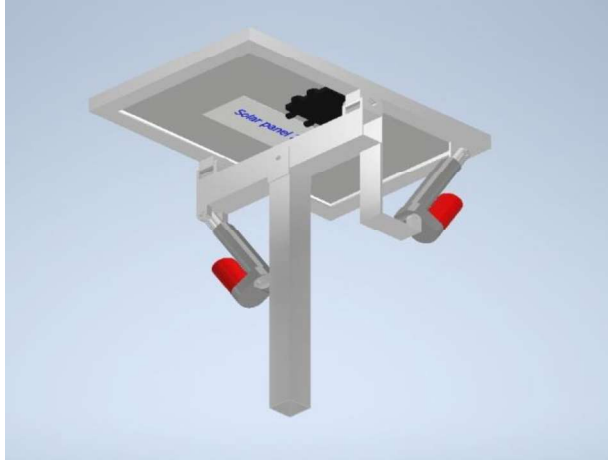
Adapun keterangan dalam desain mekanik yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3. 4.



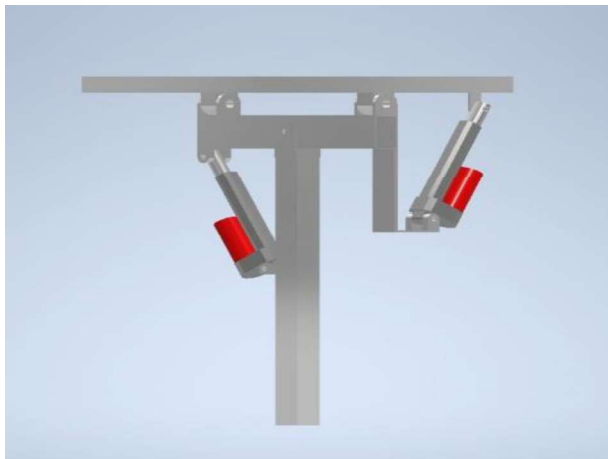
Gambar 3. 5. Desain Mekanik Tampak Atas Kiri
Sumber : Dokumen Penelitian



Gambar 3. 6. Desain Mekanik Tampak Atas Kanan
Sumber : Dokumen Penelitian



Gambar 3. 7. Desain Mekanik Tampak Bawah
Sumber : Dokumen Penelitian



Gambar 3. 8. Desain Mekanik Tampak Samping
Sumber : Dokumen Penelitian

Rencana Pengujian/Desain Uji Coba Produk dalam penelitian ini akan mencakup beberapa langkah yang terperinci. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini diawali dengan langkah pertama akan dilakukan pemilihan tempat yang akan dijadikan objek pengujian.

Tempat yang dipilih harus memenuhi persyaratan yang diperlukan untuk pemasangan Solar Cell dengan bantuan dual axis solar tracker seperti memiliki area yang cukup untuk memasang perangkat tersebut. Rencana tempat yang dipilih adalah di Surabaya.

Penempatan perangkat akan diperhatikan untuk memaksimalkan sensor cahaya (LDR) dari penyerapan energi matahari. Selanjutnya, sensor cahaya akan mengirimkan sinyal ke ESP 32 untuk mengontrol *motor linear* dan panel surya digerakkan oleh motor linear secara horizontal (*azimuth*) dan vertikal (*elevasi*) sehingga panel surya dapat menerima energi surya secara maksimal. Kemudian *output* dari panel surya sebagai pengisian baterai, dan penggunaan energi pada beban.

Pengukuran ini akan dilakukan dalam rentang waktu tertentu dan secara periodik, baik rentang waktu jam maupun dalam setiap menit, untuk mendapatkan data yang komprehensif. Pengujian ini membutuhkan rentang waktu selama 4 minggu pada jam 7 pagi hingga jam 5 sore dengan interval waktu setiap 30 menit sekali untuk output dari arus dan tegangan yang dikumpulkan di dalam baterai, serta penggunaan energi pada beban.

Selama pengujian, faktor – faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan intensitas sinar matahari juga akan diperhatikan dan dicatat. Hal ini akan membantu dalam analisis kinerja sensor cahaya pada Solar Cell dalam berbagai kondisi lingkungan yang terjadi.

Rencana pengujian ini bertujuan untuk memperoleh data yang akurat dan dapat diandalkan mengenai kinerja sensor cahaya pada Solar Cell Data yang diperoleh akan dianalisis untuk mengevaluasi efisiensi energi terbarukan, kapasitas pengisian baterai, dan potensi penghematan energi yang dapat dicapai sumber energi ini.