

SKRIPSI

**ANALISIS CARA KERJA SOLAR PANEL DAN
MIKROKONTROLER ESP 32 MENGGUNAKAN
BEBAN LAMPU TAMAN**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I GEDE ARYA WIBAWA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

SKRIPSI

**ANALISIS CARA KERJA SOLAR PANEL DAN
MIKROKONTROLER ESP 32 MENGGUNAKAN
BEBAN LAMPU TAMAN**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I GEDE ARYA WIBAWA

NIM. 2015234022

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA CARA KERJA SOLAR PANEL DAN MIKROKONTROLER ESP 32 MENGGUNAKAN BEBAN LAMPU TAMAN

Oleh

I GEDE ARYA WIBAWA

NIM. 2015234022

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan
Program Studi Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh:

Pembimbing I



I Wayan Gede Santika
ST.,M.Sc,Ph.D

NIP.19742282005011002

Pembimbing II



I Wayan Temaja,ST,MT

NIP.196810221998031001

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg.

NIP.196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS CARA KERJA SOLAR PANEL DAN
MIKROKONTROLER ESP 32 MENGGUNAKAN BEBAN
LAMPU TAMAN**

Oleh

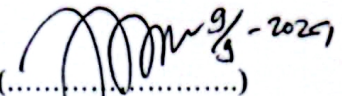
I GEDE ARYA WIBAWA
NIM. 2015234022

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk
dapat dicetak sebagai Buku Skripsi pada hari/tanggal:
(Badung, 28 Agustus 2024)

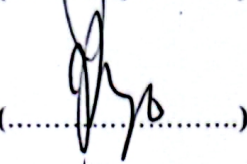
Tim Penguji

Tanda Tangan

Penguji I : **Dr. Adi Winarta.ST.,MT**
NIP : 197610102008121003

(.....)  28/8-2024

Penguji II : **Ida Bagus Gde Widiantera, ST,MT**
NIP : 197204282002121001

(.....) 

Penguji III : **Risa Nurin Baiti, S.T.,M.T**
NIP : 199202162020122006

(.....) 

SURAT PERNYATAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : I Gede Arya Wibawa
NIM : 2015234019
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas
Judul Skripsi : Analisis Cara Kerja Solar Panel Dan Mikrokontroler
ESP 32 Menggunakan Beban Lampu Taman

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Skripsi ini bebas plagiat. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Perundang-undangan yang berlaku.

Badung, 28 Agustus 2024



I Gede Arya Wibawa
NIM. 2015234022

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, S.E., M.eCom., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, S.T., M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Utilitas
5. Bapak I Wayan Gede Santika, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak I Wayan Temaja, S.T, M.T selaku dosen pembimbing-2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulis hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Skripsi ini.
8. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Skripsi ini yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.

10. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Semoga Buku Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 28 Agustus 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'I Gede Arya Wibawa', with a stylized, cursive script.

I Gede Arya Wibawa

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi dan kinerja panel surya dengan dan tanpa beban lampu LED pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Panel surya digunakan sebagai sumber energi yang berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam skala kecil, khususnya untuk penerangan taman menggunakan lampu LED. Sistem ini juga dilengkapi dengan mikrokontroler ESP 32 yang bertindak sebagai pengendali otomatis, serta modul PZEM-017 untuk memantau parameter listrik yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan dua skenario: tanpa beban dan dengan beban lampu LED. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan beban lampu LED mempengaruhi efisiensi panel surya. Efisiensi sistem PLTS dihitung berdasarkan perbandingan daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan daya yang dikonsumsi oleh lampu LED. Data menunjukkan bahwa terdapat penurunan efisiensi ketika panel surya diberi beban lampu LED dibandingkan dengan kondisi tanpa beban. Namun, sistem ini tetap menunjukkan potensi yang baik sebagai solusi penerangan di area taman dengan kebutuhan energi yang minim. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan panel surya dengan beban lampu LED memberikan kontribusi positif dalam pemanfaatan energi terbarukan untuk aplikasi skala kecil. Namun, perlu adanya pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi sistem, termasuk optimasi desain dan penggunaan komponen yang lebih efisien. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk implementasi sistem PLTS yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci: Panel Surya, Mikrokontroler ESP 32, Efisiensi Energi, Lampu LED, Energi Terbarukan, Sistem PLTS.

**ANALYSIS OF THE SOLAR PANEL AND ESP 32
MICROCONTROLLER PERFORMANCE
USING GARDEN LAMP LOAD**

ABSTRACT

This study aims to analyze the efficiency and performance of solar panels with and without LED lamp loads in a solar power generation system (PLTS). The solar panel is used as a sustainable energy source to meet small-scale electricity needs, specifically for garden lighting using LED lamps. The system is also equipped with an ESP32 microcontroller acting as an automatic controller, along with a PZEM-017 module to monitor the electrical parameters generated. The testing was conducted in two scenarios: without load and with an LED lamp load. The results show that the use of LED lamp loads affects the efficiency of the solar panels. The efficiency of the PLTS system is calculated based on the comparison between the power generated by the solar panels and the power consumed by the LED lamps. The data indicates a decrease in efficiency when the solar panel is loaded with LED lamps compared to when it is unloaded. However, the system still demonstrates good potential as a lighting solution for garden areas with minimal energy requirements. This study concludes that using solar panels with LED lamp loads contributes positively to the utilization of renewable energy for small-scale applications. However, further development is needed to enhance system efficiency, including optimizing the design and using more efficient components. The results of this study are expected to serve as a reference for implementing more efficient and sustainable PLTS systems.

Keywords: Solar Panels, ESP32 Microcontroller, Energy Efficiency, LED Lamps, Renewable Energy, PLTS System.

KATA PENGANTAR

Puji syukur terhadap Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Skripsi ini dengan judul “**Analisis Cara Kerja Solar Panel Dan Mikrokontroler ESP 32 Menggunakan Beban Lampu Taman**” tepat pada waktu yang telah ditentukan. Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program pendidikan pada jenjang Diploma 4 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali. Penulis menyadari bahwa Buku Skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai pembelajaran demi penyempurnaan karya-karya ilmiah penulis di masa yang akan datang.

Badung, 28 Agustus 2024



I Gede Arya Wibawa

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
SURAT PERNYATAN BEBAS PLAGIAT.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Manfaat bagi penulis	3
1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali.....	4
BAB II.....	5
LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	5
2.2 Cara Kerja Sel Surya.....	8
2.3 Jenis-jenis Sel Surya	10
2.4 Rangkaian Seri Sel Surya.....	12

2.5	Rangkaian Pararel Pada Sel Surya.....	13
2.6	Baterai (Akumulator).....	13
2.6.1	Reaksi Kimia Baterai.....	14
2.6.2	Prinsip Kerja Baterai	15
2.6.3	Jenis-Jenis Baterai.....	16
2.7	Mikrokontroler ESP-32.....	17
2.8	<i>Software</i> Arduino IDE	20
2.9	RTC 12C Modules.....	21
2.10	Stepdown DC-DC.....	22
2.11	Lampu LED.....	23
2.12	Kabel Jumper.....	24
2.13	Breadboard	24
2.14	<i>Relay</i>	25
2.15	<i>PZEM-017 DC Communication Module</i>	25
2.16	Perhitungan Efisiensi Solar Panel.....	26
BAB III.....		28
METODE PENELITIAN.....		28
3.1	Jenis Penelitian	28
3.2	Alur Penelitian.....	28
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	31
3.4	Penentuan Sumber Data.....	31
3.5	Sumber Daya Penelitian.....	31
3.6	Instrumen Penelitian	31
3.7	Prosedur Penelitian	33
BAB IV		34
HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Hasil Penelitian.....	34
4.1.1	Perancangan lampu taman tenaga surya menggunakan mikrokontroler ESP 32.	34
4.1.2	Pengujian panel surya.....	36
4.1.3	Pengujian kontrol panel surya.....	37

4.1.4	Rangkaian Beban	38
4.2	Perhitungan efisiensi panel surya	42
4.2.1	Perhitungan Efisiensi Berdasarkan Pabrik	42
4.2.2	Perhitungan Efisiensi Berdasarkan Data di Lapangan	43
4.3	Pembahasan.....	46
4.3.1	Cara Kerja Lampu Taman Tenaga Surya Menggunakan Mikrokontroler ESP 32	46
4.3.2	Efisiensi Panel Surya.....	47
BAB V	50
PENUTUP	50
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Potensi EBT di Indonesia	2
Tabel 3. 1 Diagram alur penelitian	30
Tabel 4. 1 Data Pengujian Panel Surya dan Lampu LED	39
Tabel 4. 2 Rata-rata Perhitungan Efisiensi Panel Surya	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	xv
Gambar 2. 2 Sistem PLTS <i>On-Grid</i>	7
Gambar 2. 3 Sistem PLTS <i>Hybrid</i>	8
Gambar 2. 4 Cara Kerja Panel Surya.....	10
Gambar 2. 5 Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	11
Gambar 2. 6 <i>Polycrystalline</i>	11
Gambar 2. 7 <i>Thin Film Fotovoltaic</i>	12
Gambar 2. 8 Rangkaian Seri.....	12
Gambar 2. 9 Rangkaian Paralel	13
Gambar 2. 10 Proses Pengosongan Pengisian (<i>Discharge</i>)	15
Gambar 2. 11 Proses <i>Charge</i> Baterai.....	16
Gambar 2. 12 Mikrokontroler ESP-32.....	18
Gambar 2. 13 Software Arduino Uno	21
Gambar 2. 14 RTC 12C <i>Modules</i>	22
Gambar 2. 15 <i>Stepdown</i> DC-DC	22
Gambar 2. 16 Lampu LED 5V	23
Gambar 2. 17 Kabel <i>Jumper</i>	24
Gambar 2. 18 <i>Breadboard</i>	24
Gambar 2. 19 <i>Relay</i>	25
Gambar 2. 20 <i>Module PZEM-017</i>	26
Gambar 3. 1 Diagram alur penelitian.....	30
Gambar 4. 1 Perancangan Panel Surya Menggunakan Mikrokontroler ESP 32 dan Lampu LED.....	36
Gambar 4. 2 Rangkaian Panel Surya	38
Gambar 4. 3 Rangkaian Kontrol.....	39
Gambar 4. 4 Rangkaian Bebas	41

Gambar 4. 5 Grafik Tegangan.....	40
Gambar 4. 6 Grafik Arus.....	41
Gambar 4. 7 Grafik Daya	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data perancangan lampu taman tenaga surya menggunakan mikrokontroler ESP 32.....	54
Lampiran 2: Dokumentasi Wiring	55
Lampiran 3: Dokumentasi Pencarian Data.....	55
Lampiran 4: Dokumentasi Pengambilan Data.....	55
Lampiran 5: Dokumentasi Percobaan Wiring	55
Lampiran 6: Dokumentasi Pembuatan <i>Coding</i>	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini listrik menjadi kebutuhan dalam mendukung kegiatan setiap aspek kehidupan manusia. Berkembangnya perangkat-perangkat teknologi dapat mengalami pembaharuan yang semakin memudahkan kegiatan-kegiatan manusia, mulai dari kegiatan rumah tangga, industri, ekonomi, juga pertanian, dan lain-lain. Belakangan sumber energi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik masih ketergantungan pada sumber daya alam yang terbatas, seperti sumber energi batu bara, gas, dan minyak bumi yang memiliki jumlah terbatas di alam ini, karena belum ditemukannya pembaruan atas energi tersebut. Proses sumber energi batu bara sendiri yakni terbentuk dari proses alami yang dimana di dapat dari fosi-fosil nabati penggambutan yang mengalami pemadatan dalam jangka waktu yang lama tergantung dari aktivitas bio kimia, tekanan, serta suhu lingkungan. Energi kelistrikan di indonesia sebagian besar berasal dari pembangkit-pembangkit di PLN (Perusahaan Listrik Negara). Pembangkit tersebut sebagian besar menggunakan sumber energi dari batu bara, minyak dan gas alam. Pemerintah mulai mengembangkan energi alternatif yang dari tahun ke tahun menambah persentase peningkatan dari bauran energi konvensional dan energi baru terbarukan.

Berkurangnya produksi energi fosil terutama minyak bumi serta adanya komitmen global dalam pengurangan emisi gas rumah kaca sehingga, mendorong pemerintah untuk meningkatkan peran energi terbarukan secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Sesuai PP No. 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2025 (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019). Indonesia memiliki potensi energi baru terbarukan yang sangat besar untuk mencapai target bauran energi primer tersebut. Energi surya memiliki

potensi energi baru terbarukan yang cukup besar berkisar 207,8 GWp (*Giga Watt Peak*). Tahun 2016 pemerintah Indonesia sendiri juga mengumumkan proyek pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan kapasitas total 250 MW (*Megawatt*). Pemerintah menetapkan harga listrik surya dikisaran US\$ 14.5 sen per kWh (*Kilo Watt Hour*) hingga mencapai lebih dari US\$ 20 sen per kWh, juga dalam Peraturan menteri ESDM No 49 tahun 2018 menetapkan tentang penggunaan sistem pembangkitan listrik tenaga surya atap oleh konsumen PT PLN, maka dari dikeluarkannya peraturan ini maka konsumen listrik sebagai pemakai tenaga listrik dapat membangun dan memasang sistem PLTS atap sendiri yang terdapat dalam pasal 7 undang-undang tersebut (Evan et al., 2021). Potensi energi terbarukan di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.1. Potensi EBT di Indonesia

Jenis Energi	Potensi
Tenaga air	94,3 GW
Panas bumi	28,5 GW
Bio energi	PLT Bio : 32,6 GW dan BBN : 200 Ribu Bph
Surya	207,8 GWp
Angin	60,6 GW
Energi laut	17,9 GW

Sumber: (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019)

Dalam hal ini penulis melakukan analisis sistem kerja pada panel surya dengan mengimplementasikan mikrokontroler ESP 32 dan lampu sebagai penerangan pada taman dengan sedikit pengembangan guna mengoptimalkan faktor sumber daya untuk pemanfaatan energi terbarukan, terutama energi surya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem kontrol lampu taman tenaga surya menggunakan mikrokontroler ESP 32?
2. Bagaimana mengetahui efisiensi panel surya?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak terlalu luas dan jauh dari topik yang telah ditentukan, maka terdapat batasan masalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini hanya difokuskan pada efisiensi solar panel.
2. Dalam penelitian ini hanya melakukan perancangan lampu penerangan pada taman dengan panel surya menggunakan mikrokontroler ESP 32.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian terdiri atas tujuan umum dan tujuan khusus yang dapat di jelaskan sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan Umum

1. Sebagai persyaratan untuk memenuhi syarat akademik dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan pada program studi Teknologi Rekayasa Utilitas, jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali
2. Mengaplikasikan ilmu-ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, secara teori maupun praktik.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Dapat mengetahui efisiensi solar panel.
2. Dapat mengetahui sistem kerja lampu penerangan pada taman menggunakan panel surya dan mikrokontroler ESP 32.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini bagi penulis, bagi institut Politeknik Negeri Bali adalah sebagai berikut:

1.5.1 Manfaat bagi penulis

Skripsi ini sebagai sarana untuk menerapkan ilmu-ilmu yang didapat selama mengikuti perkuliahan di jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali atau yang didapat melalui pengetahuan internet dan buku referensi, dari pengetahuan tersebut penulis dapat mengembangkan ide-ide.

1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali

Bagi Politeknik Negeri Bali kegiatan ini merupakan wujud dari tri dharma perguruan tinggi yang ke tiga, kepercayaan dan keyakinan masyarakat akan kemampuan kinerja industri Politeknik Negeri Bali pada rekayasa teknologi juga menjadi semakin kuat. Kedekatan perguruan tinggi Politeknik Negeri Bali dengan masyarakat sekitarnya juga semakin kuat.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja Sistem Penerangan Taman: Implementasi mikrokontroler ESP32 dalam mengendalikan sistem penerangan taman yang menggunakan panel surya terbukti efektif. Mikrokontroler ini memungkinkan pengaturan otomatis yang lebih efisien, seperti menyalakan dan mematikan lampu berdasarkan kondisi lingkungan. Hal ini mendukung efisiensi energi dan meminimalisir pemborosan daya. Walaupun ada penurunan efisiensi saat lampu LED digunakan sebagai beban, sistem ini tetap bekerja dengan baik dan mampu memanfaatkan energi surya dengan optimal. Ini menjadikannya solusi yang tepat untuk aplikasi penerangan di area terbuka seperti taman, di mana efisiensi dan keberlanjutan energi menjadi prioritas utama.
2. Efisiensi Panel Surya: Penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi panel surya sangat bergantung pada beban yang terhubung ke sistem. Ketika panel surya diuji tanpa beban, daya yang dihasilkan lebih tinggi dan lebih stabil. Namun, saat beban lampu LED ditambahkan, efisiensi sistem menurun secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh sebagian besar daya yang digunakan untuk menghidupkan lampu tersebut. Meskipun terjadi penurunan efisiensi, panel surya masih mampu memberikan daya yang cukup untuk penerangan dengan kinerja optimal pada kondisi tanpa beban atau dengan beban ringan. Ini menunjukkan bahwa sistem ini cocok untuk aplikasi penerangan sederhana di area yang tidak memerlukan daya besar

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka saran yang dapat diberikan peneliti adalah sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan efisiensi sistem, disarankan untuk menggunakan beban dengan konsumsi daya yang lebih rendah atau menggunakan komponen yang lebih efisien. Selain itu, penambahan sistem penyimpanan energi seperti baterai dapat membantu menjaga stabilitas suplai daya, terutama saat intensitas cahaya matahari rendah.
2. Penelitian selanjutnya diperlukan untuk mengeksplorasi integrasi teknologi yang lebih canggih, seperti penggunaan panel surya dengan efisiensi lebih tinggi atau sistem kontrol yang lebih adaptif. Pengujian dalam kondisi lingkungan yang berbeda juga dapat memberikan wawasan lebih lanjut tentang kinerja sistem ini di berbagai situasi, serta potensi penerapannya dalam skala yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, J., Zulita, L. N., & Hermawansyah, H. (2016). Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*, 12(1), 89–98. <https://doi.org/10.37676/jmi.v12i1.276>
- Aswar, M. B. A., Mahmuddin, F., & Lestari, A. D. (2022). Perancangan Automatic Transfer Switch (ATS) Pembangkit Listrik Hybrid Panel Surya dan Generator untuk Bagan Apung. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 25(2), 141–148. <https://doi.org/10.25042/jpe.112021.09>
- Buwono, M. C., Budiman, W., & Hariyanto, N. (2010). Arus Sel Surya Dengan Rekonfigurasi Seri-Paralel Arus Sel Surya Dengan Rekonfigurasi Seri-Paralel. *Bandung : Institut Teknologi Nasional*, 2(1), 1–12.
- Doni, T. (2020). *Analisis Cara Kerja Panel Surya Dan*. 1(1).
- Endra, R. Y., Cucus, A., Afandi, F. N., & Syahputra, M. B. (2018). Deteksi Objek Menggunakan Histogram of Oriented Gradient (Hog) Untuk Model Smart Room. *Explore: Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika*, 9(2). <https://doi.org/10.36448/jsit.v9i2.1075>
- Evan, A., Hamdani, & Tarigan, D. (2021). *P E M A N F A A T A N C A H A Y A M A T A H A R I U N T U K M E M B A N G K I T K A N E N E R G I P A D A P O M P A P E N Y I R A M A N T A N A M A N P E K A R A N G A N D E N G A N P E N A M B A H A N C E R M I N R E F L E K T O R* (p. 99).
- Fauzy, F., Areni, I. S., & Gunadin, I. C. (2022). RANCANG BANGUN ALAT TELEMETRI PARAMETER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS IoT. *Jurnal EKSITASI*, 1(1), 14–21. www.edukasielektronika.com
- Ilhami, N. (2016). Analisa Perancangan Pembuatan Energi Baru Terbarukan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Laboratorium Elektro Fakultas Teknologi Industri Unissula Semarang. *Skripsi*, 1–23.

- Nizarwati, N. T., & Suhadak, F. (2016). Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya. *Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi*
<https://core.ac.uk/download/pdf/291460192.pdf>
- Pembangkit, I., & Tenaga, L. (n.d.). *Dos & Don ' ts*.
- Purnomo, A. (2023). *Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Monitoring Kualitas Udara Berbasis Multisensor Secara Nirkabel Menggunakan Labview*. 5, 1–14.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558907/>
- Reprendim, R. J. (2023). *Analisis Kontrol Single Axis Pada Panel Surya Berkapasitas 120 Wp Dalam Peningkatan Konversi Energi Skripsi Oleh : Rey Josef Reprendim S Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan Analisis Kontrol Single Axis Pada Panel Surya Berkapasitas 120 Wp Dalam P*.
- Rifaldi, M., ALham, N. R., Izzah, N., Ihsan, M. N., & Sugianto, M. (2023). Analisis Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan. *Jurnal Rekayasa Tropis, Teknologi, Dan Inovasi (RETROTEKIN)*, 1(1), 16–24. <https://doi.org/10.30872/retrotekin.v1i1.919>
- Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. (2019). Indonesia Energy Out Look 2019. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.