

**ESTIMASI WAKTU PENGISIAN DAYA BATERAI PADA  
*PHOTOVOLTAIC SYSTEM* MENGGUNAKAN INTEGRASI  
*PYRANOMETER* DENGAN PERBANDINGAN KONDISI  
CUACA DI FAKULTAS TEKNIK UNTIRTA**

**SKRIPSI**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun oleh:

**Ari Surya Komara**

**3332170097**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2023**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Estimasi Waktu Pengisian Daya Baterai pada *Photovoltaic System* Menggunakan *Data Logger* dengan Perbandingan Kondisi Cuaca di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Nama Mahasiswa : Ari Surya Komara

NPM : 3332170097

Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 12 Januari 2023



**Ari Surya Komara**  
3332170097

## LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa Skripsi berikut.

Judul : Estimasi Waktu Pengisian Daya Baterai pada *Photovoltaic System* Menggunakan *Data Logger* dengan Perbandingan Kondisi Cuaca di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Nama Mahasiswa : Ari Surya Komara

NPM : 3332170097

Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal \_\_\_\_\_ melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan **LULUS / ~~TIDAK LULUS~~**

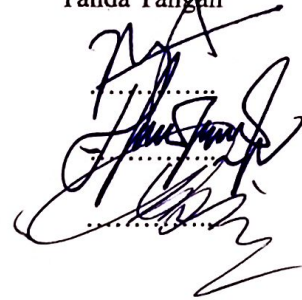
### Dewan Penguji

Pembimbing I : Dr. Eng. Rocky Alfan, M.Sc.

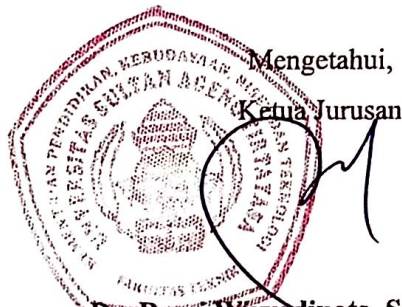
Penguji I : Dr. Suhendar M.T.

Penguji II : Ir. Ri Munarto, M. Eng.

Tanda Tangan



Mengetahui,  
Ketua Jurusan



**Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M. Eng.**  
NIP. 198307032009121006

## **PRAKATA**

Puji syukur kepada Allah SWT, atas limpahan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyusun skripsi ini dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih terhadap semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi. Karena penulis menyadari, bahwa skripsi ini tidak dapat diselesaikan tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Adapun penulis sampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta serta keluarga yang telah memberikan semangat, motivasi, dan doa yang tak terhingga nilainya.
2. Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Ceri Ahendyarti, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan semangat, saran dan kritik.
4. Dr. Eng. Rocky Alfan, M.sc., selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah menyediakan banyak waktu serta memberikan arahan, saran dan bimbingan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi.
5. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan ilmu serta pendidikan yang bermanfaat serta teman-teman yang telah banyak membantu saya berupa semangat, kritik, dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila ada kekeliruan di dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Cilegon, 12 Januari 2023

Penulis

## ABSTRAK

Ari Surya Komara

Teknik Elektro

Estimasi Waktu Pengisian Daya Baterai pada *Photovoltaic System* Menggunakan *Data Logger* dengan Perbandingan Kondisi Cuaca di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan perangkat yang dapat merubah energi surya menjadi energi listrik, energi listrik yang dihasilkan berupa arus dan tegangan yang akan disimpan pada baterai. Intensitas cahaya, temperatur, dan perubahan cuaca merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja PLTS. Tujuan utama dari penelitian ini untuk mengetahui lama waktu pengisian sebuah baterai menggunakan panel surya dengan perbandingan kondisi cuacacerah, berawan, dan hujan. Metode pada penelitian ini meliputi pencatatan data menggunakan *data logger* yang dapat di *monitoring* secara jarak jauh memanfaatkan *platform IoT*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengisian baterai 12 V 50 Ah menggunakan panel surya 310 Wp saat kondisi cuaca cerah menghabiskan waktu 6 jam 10 menit. Kondisi cuaca berawan memiliki estimasi waktu pengisian yaitu 7 jam 54 menit dan kondisi cuaca hujan memiliki waktu pengisian yaitu 11 jam 21 menit.

Kata Kunci: PLTS, Pengisian Baterai, *Data Logger*, *IoT*.

## **ABSTRACT**

Ari Surya Komara

Electrical Engineering

Estimation of Battery Charging Time in Photovoltaic Systems Using Data Logger  
with Comparison of Weather Conditions at the Faculty of Engineering, Sultan  
Ageng Tirtayasa University

A solar power plant (PLTS) is a device that can convert solar energy into electrical energy, the resulting electrical energy is in the form of current and voltage which will be stored in the battery. Light intensity, temperature, and weather changes are some of the factors that can affect the performance of PLTS. The main objective of this study is to determine the length of time it takes to charge a battery using solar panels with a comparison of sunny, cloudy and rainy weather conditions. The method in this study includes recording data using a data logger that can be monitored remotely using the IoT platform. The results of this study show that charging a 12 V 50 Ah battery using a 310 Wp solar panel during sunny weather conditions takes 6 hours and 10 minutes. Cloudy weather conditions have an estimated charging time of 7 hours 54 minutes and rainy weather conditions have a charging time of 11 hours 21 minutes.

Keywords: Solar Power Plant, Battery Charging, Data Loggers, IoT.

## DAFTAR ISI

<b>SKRIPSI .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	6
2.2 Baterai .....	8
2.3 Parameter Baterai .....	8
2.4 Jenis-Jenis Baterai .....	10
2.5 <i>Data Logger</i> .....	12
2.6 <i>Pyranometer</i> .....	13
2.7 Thingier.io.....	14
2.8 Kajian Pustaka.....	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Perancangan Penelitian .....	17
3.2 Perancangan Sistem <i>Data Logger</i> .....	18
3.2.1 Diagram Blok <i>Data Logger</i> .....	18

3.2.2	Diagram Alir Sistem <i>Data Logger</i> .....	19
3.2.3	Rangkaian <i>Input</i> Sistem <i>Data Logger</i> .....	20
3.2.4	Rangkaian <i>Output</i> Sistem <i>Data Logger</i> .....	21
3.3	Perancangan Sistem Thingier.io.....	22
3.4	Spesifikasi Panel Surya.....	22
3.5	Spesifikasi Baterai.....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>26</b>
4.1	Hasil Perangan Alat.....	26
4.2	Pengujian Parsial.....	28
4.3	Kalibrasi Sensor .....	28
4.3.1	Kalibrasi Sensor Radiasi Matahari .....	29
4.3.2	Kalibrasi Sensor Suhu .....	29
4.3.3	Kalibrasi Sensor Tegangan .....	30
4.3.4	Kalibrasi Sensor Arus .....	31
4.4	Pengujian Sistem Integrasi .....	32
4.5	Lama Pengisian Baterai.....	47
4.6	Kurva Arus Tegangan .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>		<b>50</b>
5.1	Kesimpulan .....	50
5.2	Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		
<b>LAMPIRAN.....</b>		
Lampiran A Hasil Pengukuran.....		A-1
Lampiran B <i>Listing Program</i> .....		B-1



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Konversi Energi Surya menjadi Listrik .....	6
Gambar 2.2 Prinsip Elektrokimia pada Baterai.....	8
Gambar 2.3 Baterai Lithium-ion .....	11
Gambar 2.4 Baterai VRLA .....	12
Gambar 2.5 Baterai Lithium Polymer .....	12
Gambar 2.6 Bagian Pyranometer .....	13
Gambar 2.7 Sistem Thinger.io .....	14
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Pengisian Baterai .....	17
Gambar 3.2 Sistem Pengisian Baterai dengan Panel Surya .....	17
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem <i>Data Logger</i> .....	18
Gambar 3.4 Diagram Alir Sistem <i>Data Logger</i> .....	19
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Input Data Logger</i> .....	20
Gambar 3.6 Rangkaian <i>Output Data Logger</i> .....	21
Gambar 3.7 <i>Dashboard Monitoring</i> Web Thinger.io .....	22
Gambar 3.8 Spesifikasi Panel Surya .....	23
Gambar 3.9 Spesifikasi Baterai.....	24
Gambar 4.1 Sistem Pengisian Baterai .....	26
Gambar 4.2 <i>Box Data Logger</i> .....	27
Gambar 4.3 Pengujian Sensor Radiasi Matahari.....	29
Gambar 4.4 Pengujian Sensor Suhu .....	30
Gambar 4.5 Pengujian Sensor Tegangan .....	31
Gambar 4.6 Pengujian Sensor Arus .....	32
Gambar 4.7 Sistem <i>Monitoring</i> Keluaran Solar Panel.....	33
Gambar 4.8 Radiasi Matahari Cuaca Cerah .....	33
Gambar 4.9 Radiasi Matahari Cuaca Berawan .....	34
Gambar 4.10 Radiasi Matahari Cuaca Hujan.....	35
Gambar 4.11 Suhu Permukaan Panel Surya .....	36
Gambar 4.12 Tegangan Keluaran Panel Surya .....	37

Gambar 4.13 Arus Keluaran Panel Surya .....	38
Gambar 4.14 Daya Keluaran Panel Surya.....	39
Gambar 4.15 Efisiensi Daya Keluaran Panel Surya.....	40
Gambar 4.16 Arus Pengisian Baterai .....	40
Gambar 4.17 Arus Keluaran Panel dan Arus <i>Charging</i> Cuaca Cerah .....	42
Gambar 4.18 Arus Keluaran Panel dan Arus <i>Charging</i> Cuaca Berawan .....	43
Gambar 4.19 Arus Keluaran Panel dan Arus <i>Charging</i> Cuaca Hujan.....	44
Gambar 4.20 Tegangan Baterai.....	45
Gambar 4.21 Persentase Pengisian Baterai .....	46
Gambar 4.22 Waktu Pengisian Baterai .....	47
Gambar 4.23 Kurva I-V Cuaca Cerah.....	48
Gambar 4.24 Kurva I-V Cuaca Berawan .....	49
Gambar 4.25 Kurva I-V Cuaca Hujan.....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Baterai.....	10
Tabel 2.1 Spesifikasi Baterai.....	24

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketika populasi penduduk dunia terus bertambah dan akan berbanding lurus dengan kebutuhan energi yang diperlukan. Dengan terbatasnya sumber daya energi seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam [1]. Maka dari itu pentingnya mengembangkan energi terbarukan secara bertahap muncul, khususnya dalam beberapa tahun terakhir [2]. Pemanfaatan sumber energi terbarukan khususnya energi surya memiliki potensi yang sangat besar karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis [3]. Energi surya digunakan karena ramah lingkungan dan mengurangi konsumsi bahan bakar fosil [4]. Salah satu cara untuk memanfaatkan energi surya yaitu dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS atau disebut juga dengan sistem *photovoltaic* (PV) adalah pembangkit listrik yang menggunakan radiasi matahari sebagai sumber energi utamanya dengan mengubah energi surya menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dari suatu sistem PV yaitu berupa arus dan tegangan [5].

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi keluaran dari sistem PV, diantaranya yaitu intensitas cahaya, sudut kemiringan, temperatur, dan arah mata angin [6]. Faktor lain yang mempengaruhi keluaran PV yaitu perubahan cuaca [7]. Perubahan cuaca yang terjadi dalam sistem PV dapat membuat efisiensi keluaran kurang optimal, terutama di negara tropis dimana kondisi cuaca dapat berubah dengan cepat [8]. Hal itu akan selaras dengan intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima oleh sistem PV dan suhu lingkungan di sekitaran sistem PV [9]. Intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima oleh sistem PV sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sistem PV, sedangkan apabila suhu lingkungan semakin tinggi dengan intensitas radiasi cahaya matahari yang tetap, maka tegangan yang dihasilkan akan berkurang dan arus listrik yang dihasilkan akan bertambah [10]. Radiasi matahari diukur dengan menggunakan sensor *pyranometer*. *Pyranometer* adalah salah satu sensor radiasi matahari yang paling terpercaya untuk digunakan pada *monitoring* sistem PV [11]. Hasil keluaran dari sistem PV yang berupa arus dan tegangan selanjutnya akan disimpan ke dalam

baterai yang nantinya akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik [12].

Baterai berfungsi sebagai penyimpan dan penyuplai energi listrik. Karena baterai sebagai penyimpan dan suplai arus listrik yang sangat baik dan mudah dalam penggunaan, maka baterai sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari [13]. Banyak faktor yang dapat dilihat dalam memilih baterai yang akan digunakan pada sistem PV yang akan dibuat. Mulai dari kapasitas baterai, tegangan yang keluar, siklus baterai dan masih banyak lainnya [14]. Dalam penggunaannya, baterai banyak menemui kendala sebagai tempat penyimpanan energi listrik. Modul surya pada suatu sistem PV mengalami penurunan performa dan itu menjadi penyebab waktu pengisian baterai menjadi lama. Sehingga diperlukan sebuah sistem untuk *me-monitoring* proses pengisian baterai pada sistem PV [15]. Sistem *monitoring* pada baterai berfungsi untuk menjaga baterai dari kondisi *overcurrent*, *overvoltage*, *undervoltage*, dan *overheat*. Baterai yang beroperasi dalam kondisi yang tidak ideal dapat menyebabkan kerusakan dan memiliki nilai *lifetime* yang pendek, maka dari itu baterai harus digunakan secara efisien [16]. Kondisi lain yang harus diperhatikan pada baterai yaitu saat pengisian baterai. Hal penting yang harus diamati dalam pengisian sebuah baterai yaitu mengetahui kondisi kapasitas pengisian sudah pada tahapan berapa persen atau biasa disebut *state of charge* (SoC). SoC dapat ditentukan dengan melihat nilai tegangan pada baterai, semakin penuh kapasitas baterai maka nilai tegangan baterai juga semakin mendekati tegangan maksimalnya [17]. Perubahan nilai yang terdapat pada proses pengisian baterai tidak dapat di-*monitoring* secara langsung, *Internet of Things* (IoT) memungkinkan untuk mendukung proses pengisian baterai pada sistem PV ini. Sistem yang terhubung dengan IoT dapat menampilkan dan menyimpan suatu data dari jarak jauh [18].

Berdasarkan penjelasan diatas, perlu adanya *monitoring* proses pengisian baterai menggunakan sistem PV supaya tidak terjadi kondisi yang dapat mengakibatkan baterai mengalami kerusakan. Penelitian ini akan merancang alat yang dapat *me-monitoring* kinerja atau proses pengisian baterai kapasitas 50 Ah pada sistem PV 310 Wp yang terintegrasi dengan sensor *pyranometer* untuk mendeteksi radiasi matahari yang dipengaruhi oleh faktor cuaca yang ada di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa berbasis IoT.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa hal yang menjadi rumusan masalah diantaranya:

1. Bagaimana cara mengetahui estimasi waktu pengisian daya baterai pada PV sistem di Fakultas Teknik Untirta yang dipengaruhi oleh tiga kondisi cuaca?
2. Bagaimana pengaruh cuaca terhadap hasil keluaran panel surya?
3. Bagaimana cara membuat *data logger* untuk memantau daya yang masuk ke baterai secara *real time*?
4. Bagaimana cara membuat sistem *monitoring* pengisian baterai secara jarak jauh dengan memanfaatkan IoT?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui estimasi waktu pengisian daya baterai pada PV sistem yang dipengaruhi oleh tiga kondisi cuaca.
2. Mengetahui hasil keluaran panel surya yang dipengaruhi oleh perubahan cuaca.
3. Mengetahui cara membuat *data logger* yang *me-monitoring* daya yang masuk ke baterai secara *real time*.
4. Mengetahui cara membuat sistem *monitoring* pengisian baterai secara jarak jauh dengan IoT?

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun dikalangan masyarakat, diantaranya:

1. Bagi akademisi, hasil penelitian ini menjadi referensi dan pengembangan dalam penggunaan sistem PV yang melakukan kajian tentang pengaruh perubahan cuaca terhadap pengisian baterai.
2. Bagi pendidikan, memberikan wawasan tentang pengaruh cuaca terhadap lamanya pengisian baterai pada sistem PV sehingga bidang keilmuan dan pengetahuan dapat bertambah.
3. Bagi keberlanjutan pendidikan, penelitian ini diharapkan dapat menjadi

perkembangan dan pembaharuan informasi dalam bidang energi baru terbarukan khususnya sistem PV.

### 1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat batasan-batasan masalah, diantaranya:

1. Penelitian ini membahas tentang sistem pengisian baterai dengan panel surya.
2. Panel surya yang digunakan yaitu jenis *monocrystalline* 310 Wp.
3. Baterai yang digunakan yaitu baterai jenis VRLA 12 V 50 Ah.
4. Faktor cuaca yang digunakan sebagai perbandingan yaitu cerah, berawan, dan hujan.
5. Penelitian ini membahas tentang perancangan sistem *data logger* yang berfokus pada perekaman data serta *monitoring* data radiasi matahari dan daya *output* panel surya yang masuk ke dalam baterai secara *realtime*.
6. *Platform* yang digunakan untuk *monitoring* jarak jauh adalah Thinger.io.
7. Mikrokontroler yang digunakan untuk sistem data logger yaitu NodeMCU ESP32.
8. Komponen sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu *voltage divider* untuk mengukur tegangan, ACS712 untuk mengukur arus, DS18B20 untuk mengukur suhu, dan *pyranometer* untuk mengukur radiasi matahari.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan urutan garis besar penulisan Skripsi. Berikut ini dituliskan pokok bahasan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai susunan materi yang dibahas dari tiap-tiap bab.

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai latar belakang masalah, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan tentang konsep dasar perangkat yang digunakan untuk membuat sistem penyeimbangan pengisian dan pengosongan *battery* pada sistem panel surya serta *monitoring battery* secara *real time*.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang proses perancangan alat, cara kerja alat, perangkat dan spesifikasi alat yang digunakan dalam pembuatan alat, baik perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*).

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan pembahasan yang disampaikan berupa penjelasan dari hasil pengujian yang telah didapat dari pembuatan alat dan pengolahan data penelitian mengenai *monitoring* pengisian baterai pada sistem PV.

### BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang menguraikan rangkuman yang disimpulkan dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan beserta saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saad, N.H., A. A. Sattar, A. M. Mansoar, “Stand-Alone Photovoltaic System With a Battery Bank,” *Scientific Bulletin, Faculty of Engineering, Ain Shams University, Cairo*, vol. 42, no. 4, pp. 683–698, 2015.
- [2] Wang, Q., S. Li, Z. Pisarenko, “Heterogeneous effects of energy efficiency, oil price, environmental pressure, R&D investment, and policy on renewable energy – evidence from the G20 countries,” *Energy*, vol. 209, p. 118322, 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.118322.
- [3] Kurniawan, A., “Desain Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Photovoltaic–Mikrohidro) Menuju Desa Mandiri Energi,” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, vol. 2, pp. 1–10, 2022, [Online]. Available: <http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/1036>.
- [4] Elbaset, A. A., S. A. M. Abdelwahab, H. A. Ibrahim, M. A. E. Eid, “Performance Analysis of Photovoltaic Systems with Energy Storage Systems,” Chapter 3, pp. 31-44, New York: Springer Cham, 2019, ISBN 978-3-030-20895-0.
- [5] Yuwono, T., A. Darwanto, R. D. Rahayu, “Desain dan Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Suplai Daya Penerangan dan Fotosintesis,” *JES (Jurnal Elektro Smart)*, vol. 1, no. 1, pp. 26–33, 2021.
- [6] Julisman, A., I. D. Sara, R. H. Siregar, “Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola,” *KITEKTRO : Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 35–42, 2017, e-ISSN: 25252-7036.
- [7] Singla, A., K. Singh, V. K. Yadav, “Environmental effects on performance of solar photovoltaic module,” *Proceedings of 2016 Biennial International Conference on Power Energy System*, 2016, doi: 10.1109/PESTSE.2016.7516480.
- [8] Humada, A. M., M. Hojabri, H. M. Hamada, F.B. Samsuri, M. N. Ahmed, “Performance evaluation of two PV technologies (c-Si and CIS) for building integrated photovoltaic based on tropical climate condition: A case study in Malaysia,” *Energy and Building*, vol. 119, pp. 233–241, 2016, doi:

- 10.1016/j.enbuild.2016.03.052.
- [9] Suryana, D., M. M. Ali, “Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya),” *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, vol. 2, no. 1, pp. 5–8, Nov. 2016, doi: 10.36048/jtpii.v1i2.1791.
- [10] da Rocha, Á. B., E. de M. Fernandes, C. A. C. dos Santos, J. M. T. Diniz, W. F. A. Junior, “Development of a real-time surface solar radiation measurement system based on the internet of things (Iot),” *Sensors*, vol. 21, no. 11, 2021, doi: 10.3390/s21113836.
- [11] Azouzoute, A., A. A. Merroun, E. G. Bennouna, A. Gennioui, “Accuracy measurement of pyranometer vs reference cell for PV resource assessment,” *Energy Procedia*, vol. 157, no. 2018, pp. 1202–1209, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2018.11.286.
- [12] Suhartono, B., “Sistem Listrik Hibrid Dari Pikohidro yang Terhubung Jaringan PLN dengan Penyimpanan Energi pada Baterai,” *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [13] Samsurizal, S. A. Jaya, “Studi Masa Pakai Baterai Pada Panel Surya Study of Battery Lifetime in Solar Panels,” *Prosiding SENTER (Seminar Nasional Teknik Elektro VI)*, pp. 01–13, Nov.2021, ISBN: 978-602-60581-7-1.
- [14] Prabhakar, B. M., J. Ramprabhakar, V. Sailaja, “Estimation and controlling the state of charge in battery augmented photovoltaic system,” *Proceedings of Biennial International Conference on Power and Energy System: Towards Sustainable Energy (PESTE)*, 2016, doi: 10.1109/PESTSE.2016.7516431.
- [15] Febrianto, R., N. Soedjarwanto, O. Zebua, “Rancang Bangun Boost Converter Untuk Proses Discharging Baterai Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (Pjuts),” *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan*, vol. 02, no. 01, pp. 159–163, 2018, ISSN: 2581-0049.
- [16] Ningrum, P., N. A. Windarko, Suhariningsih, “Battery Management System (BMS) Dengan State Of Charge (SOC) Metode Modified Coulomb Counting,” *Jurnal INOVTEK Seri Elektro*, vol. 1, no. 1, Des 2019, E-ISSN:

- 2716-1684.
- [17] Alkhaidir, M. A., K. Hidayat, N. A. Mardiyah, “Desain Battery Management System Dari Sumber Panel Surya Menggunakan Metode 4-Stage Charging,” *Seminar Nasional Fortel Regional 7*, vol. 2, no. 1, pp. 270–275, 2019, ISSN: 2621-3540.
- [18] Megawati, S., A. Lawi, “Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia,” *JIEET (Journal Information Engineering and Educational Technology)*, vol. 5, no. 1, pp. 19–26, 2021, doi: 10.26740/jieet.v5n1.p19-26.
- [19] Soedjarwanto, N., E. Komalasari, S. A. Fardhan, “Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Baterai dan Terhubung Grid di Nias, Sumatera Utara” *Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi*, vol. 3, no. 2, pp 1-7, 2021, E-ISSN: 2797-0272.
- [20] Burhandono, A., J. Windarta, N. Sinaga, “Perencanaan PLTS Roof Top On-Grid Untuk Gedung Kantor PLTU Amurang Sebagai Upaya Mengurangi Auxiliary Power dan Memperbaiki Nilai Nett Plant Heat Rate Pembangkit,” *JEBT (Jurnal Energi Baru dan Terbarukan)*, vol. 3, no. 2, pp. 61–79, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13051.
- [21] Honsberg, C., Bowden, S., “Photovoltaic Effect,” PVEdu. <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/the-photovoltaic-effect> (accessed Oct. 20, 2020).
- [22] Sariman, N. Fitriyani, “Analisa Pemanfaatan Solar Cell Monocrystalline sebagai Sumber Energi Listrik pada Pompa Air Arus Searah (Dc) 12 Volt Berdaya 180 Watt,” *Jurnal Syntax Admiration*, vol. 2, no. 5, pp. 902–918, 2021, doi: 10.46799/jsa.v2i5.227.
- [23] Solanki, C. S., *Solar Photovoltaic Technology and Systems*, Department of Energy Science and Engineering, Chapter 3, pp, 39-48, Delhi: PHI Learning Private Limited, 2013, ISBN-978-81-203-4711-3
- [24] Osaretin, C. A., F. O. Edeko, “Design and Implementation of a Solar Charge Controller,” *Journal of Electrical and Electronic Engineering*, vol. 12, no. 2, Nov. 2015, ISSN: 1118-5058.

- [25] Hidayat, S., “Pengisi Baterai Portable dengan Menggunakan Sel Surya,” *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, vol. 7, no. 2, pp. 137–143, 2015.
- [26] Alfanz, R., F. Maulana, H. Haryanto, “Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTS-PLTB-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal,” *Jurnal SETRUM*, vol. 4, no. 2, pp. 34–42, Des. 2015, ISSN: 2301-4652.
- [27] Nasution, M., “Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik,” *Journal of Electric Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2021, ISSN: 2502-3624.
- [28] Smets, A., K. Jager, O. Isabella, R. V. Swaaij, M. Zeman, *Solar Energy*, Chapter 5, pp. 44-49, Cambridge: UIT, 1988.
- [29] Julien, C., A. Mauger, A. Vijn, K. Zaghbi, Lithium batteries, New York: Springer Cham, vol. 15, no. 2, pp. 4–5, 2008, doi: 10.1016/j.jchas.2008.01.002.
- [30] Baskoro, F., A. Widodo, N. Kholis, “Analisa Performa Baterai Lithium-air, Lithium-sulfur, All-Solid-State,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no 03, pp. 597–607, 2021.
- [31] Barkah, R. D., S. Hidayat, “Simulasi Charge Discharge Model Baterai Lead Acid,” *Jiif (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, vol. 3, no. 2, pp. 128–134, 2019, doi: 10.24198/jiif.v3i2.23257.
- [32] Wijaya, N. M. A., I. N. S. Kusumara, C. G. I. Partha, Y. Divayana, “Perkembangan Baterai Dan Charger Untuk Mendukung,” *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 8, no. 1, pp. 15–26, Mar 2021, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2021.v08.i01.p3.
- [33] Purwadi, A., Y. Haroen, F.Y. Ali, N. Heryana, D. Nurafiat, A. Assegaf, “Prototype development of a Low Cost data logger for PV based LED Street Lighting System,” *Proceedings of International Conference on Electrical Engineering and Informatics*, pp. 11–15, Jul. 2011, doi: 10.1109/ICEEI.2011.6021693.
- [34] Mubarak, R., H. Schilke, G. Seckmeyer, “Improving the irradiance data measured by silicon-based sensors,” *Energies*, vol. 14, no. 10, 2021, doi: 10.3390/en14102766.

- [35] Siregar, R. R. A., N. Wardana, Luqman, “Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno,” *JETri (Jurnal Ilmiah Teknik Elektro)*, vol. 14, no. 2, pp. 81–100, 2017, ISSN: 1412-0372.
- [36] Maulana, M. I., V. Naubnome, J. Sumarjo, “Pengaruh iradiasi dan temperatur terhadap efisiensi daya keluaran pada pemodelan photovoltaic canadian solar 270 wp,” *Jurnal Polimesin*, vol. 19, no. 2, pp. 176–181, 2021.
- [37] Pratama, D., Asnil, “Sistem Monitoring Panel Surya Secara Realtime Berbasis Arduino Uno,” *MSI Transaction on Education*, vol. 2, no. 1, pp. 19–32, 2021, doi: 10.46574/mted.v2i1.46.
- [38] Prasetyo, M. W., Rifdian, Hartono, “Rancangan Kontrol dan Monitoring Charging Baterai pada Pembangkit Listrik Bertenaga Surya Berbasis Internet of Things,” *Approach : Jurnal Teknologi Penerbangan*, vol. 5, no. 1, pp. 6–9, Mar. 2021, ISSN: 2548-8090.
- [39] Rerhrhaye, F., I. Lahlouh, Y. Ennaciri, C. Benzazah, A. E. Akkary, N. Sefiani, S. Bouftane, “IoT-Based Data Logger for Solar Systems Applications,” *ITM Web Conference*, vol. 46, p. 01003, 2022, doi: 10.1051/itmconf/20224601003.