

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN PROTEKSI
BATERAI LITIUM ION (LI-ION) PADA PANEL SURYA**

SKRIPSI

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



Disusun oleh:

SAMSUL HIDAYATULLOH

NPM. 3332170003

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2024**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Perancangan Sistem Monitoring dan Proteksi Baterai Litium
Ion (Li-Ion) Pada Panel Surya
Nama Mahasiswa : Samsul Hidayatulloh
NPM : 3332170003
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 di kemudian 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, 29 Januari 2024



Samsul Hidayatulloh

NIM. 3332170003

LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa Skripsi berikut.

Judul : Perancangan Sistem Monitoring dan Proteksi Baterai Litium Ion (Li-Ion) Pada Panel Surya
Nama Mahasiswa : Samsul Hidayatulloh
NPM : 3332170003
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 29 Januari 2024 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan LULUS.

Dewan Penguji

Tanda Tangan

Pembimbing I : HM. Hartono, ST., M.T.



.....

Penguji I : Imamul Muttakin, S.T., M.Eng

Digitally signed by
Imamul Muttakin
Date: 2024.01.29 10:00
094742 8700

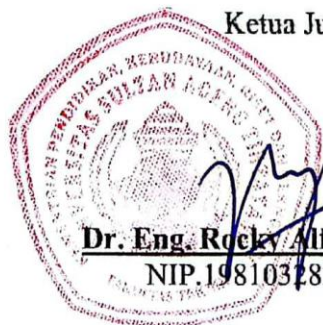
Penguji II : Ceri Ahendyarti, S.T., M.Eng



.....

Mengetahui,

Ketua Jurusan



Dr. Eng. Rocky Alfanz, S. T., M.Sc.
NIP.198103182010121001

PRAKATA

Puji dan Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala atas kekayaan anugerah dan Karunia-Nya akhirnya menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul Perancangan Monitoring dan Proteksi Sistem Monitoring dan Proteksi Baterai Litium Ion (*Li-Ion*) Pada Panel Surya. Shalawat dan salam senantiasa tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang penuh cahaya. Penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak lain. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, terutama kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang memberikan do'a, semangat serta dukungan baik secara moril dan materi.
2. Bapak Dr. Eng. Rocky Alfanz, S. T., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Bapak HM. Hartono, ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing 1 Skripsi yang sudah memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik selama masa perkuliahan.
5. Seluruh Dosen, Staf Akademik dan teman-teman Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan banyak dukungan dan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap penelitian dapat bermanfaat bagi para pembaca, khususnya bagi penulis sendiri. Oleh karena itu, penulis menerima berbagai kritik dan saran untuk memajukan penelitian ini.

Cilegon, 25 Januari 2024

Penulis

ABSTRAK

Samsul Hidayatulloh
Teknik Elektro

Perancangan Sistem Monitoring dan Proteksi Baterai Litium Ion (Li-ion) Pada
Panel Surya

Pemantauan dan perlindungan baterai litium merupakan aspek penting dalam penggunaan baterai litium-ion. Baterai litium-ion adalah sumber daya yang umum digunakan di berbagai perangkat, seperti ponsel, laptop, kendaraan listrik, dan lainnya. Ruang lingkup penelitian adalah perancangan sistem monitoring yang dapat dilihat melalui LCD 2x16 yang menampilkan besaran arus dan suhu serta proteksi yang dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Hasil pengujian *charge* baterai dengan panel surya 10 WP menghasilkan total arus dalam satu hari sebanyak 3,56Ah. Hasil pengujian *discharge* baterai tanpa beban, tegangan input 4 s.d. 12V menghasilkan tegangan pada *range* 5,1 s.d. 5,2V. Relay aktif Ketika arus mencapai 1 A dan suhu 50°C. Hasil pengujian *discharge* baterai dengan beban, menunjukkan penurunan tegangan sampai 11,26V, dan arus yang mengalir stabil pada 0,3A.

Kata kunci: *Baterai Litium, Monitoring, Proteksi, Mikrokontroler Arduino Uno*

ABSTRACT

Samsul Hidayatulloh
Electrical Engineering

Design of a Monitoring and Protection System for Lithium Ion (Li-ion) Batteries
on Solar Panels

Monitoring and protecting lithium batteries is an important aspect of lithium-ion battery use. Lithium-ion batteries are a source of electricity that is commonly used in various devices, such as cellphones, laptops, electric vehicles, and others. The scope of the research is the design of a monitoring system that can be viewed via a 2x16 LCD which displays current and temperature levels as well as protection built based on the Arduino Uno microcontroller. The test results for charging the battery with a 10 WP solar panel produced a total current of 3.56Ah in one day. Battery discharge test results without load, input voltage 4 to 12V produces a voltage in the range of 5.1 to 5.1. 5.2V. The relay is active when the current reaches 1 A and the temperature is 50oC. The battery discharge test results with a load show a voltage drop of up to 11.26V, and the current flowing is stable at 0.3A.

Keywords: *Lithium Battery, Monitoring, Protection, Arduino Uno Microcontroller*

DAFTAR ISI

Halaman

PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN PROTEKSI BATERAI LITIMUM ION (LI-ION) PADA PANEL SURYA

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	3
1.3.Tujuan Penelitian	3
1.4.Manfaat Penelitian	3
1.5.Batasan Masalah.....	3
1.6.Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Kajian Pustaka.....	5
2.2.Panel Surya.....	6
2.3.Karakteristik dan Parameter Modul Panel Surya	9
2.4.Solar Charger Controller	11
2.5.Module Buck Converter	12
2.6.Baterai Li-Ion.....	13
2.7.Dioda.....	14
2.8.Battery Management System (BMS)	15
2.9.Sensor Arus ACS712	15
2.10.Sensor LM35	16
2.11.Relay	16

2.12.LCD.....	17
2.13.Arduino Uno R3	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1Flowchart Penelitian.....	20
3.2Perancangan Perangkat Keras	21
3.1.1Spesifikasi Panel Surya Monocrystalline 10 WP	22
3.1.2Perancangan sensor arus ACS712.....	22
3.1.3Perancangan sensor Suhu LM35	23
3.1.4Perancangan Proteksi	24
3.1.5Perancangan Monitoring	25
3.1.6Perancangan Rangkaian Listrik.....	26
3.1.7Perancangan Desain Alat	27
3.3Perancangan Perangkat Lunak	27
3.3Pengujian Alat.....	28
3.3.1Pengujian Rangkaian Sensor Arus	28
3.3.2Pengujian Rangkaian Sensor Suhu.....	29
3.3.3Pengujian Rangkaian Proteksi.....	29
3.3.4Pengujian Keseluruhan.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1.Hasil Perancangan Hardware	33
4.2.Pengujian Alat.....	36
4.2.1. Pengujian Solar Panel Monocrystalline 10 WP	36
4.2.2. Pengujian Charge Baterai.....	41
4.2.3. Pengujian Discharge Baterai	43
4.2.4. Pengujian Sensor Arus ACS712-30A	45
4.2.5. Pengujian Sensor Suhu LM35.....	47
4.2.6. Pengujian Rangkaian Proteksi.....	49
BAB V PENUTUP.....	51
5.1.Kesimpulan	51
5.2.Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN A UKURAN ALAT CHARGER STATION.....	A-1

LAMPIRAN B SPESIFIKASI ALAT	B-1
LAMPIRAN C HASIL PENGUJIAN PANEL SURYA 10 WP	C-1
LAMPIRAN D HASIL PENGUJIAN SISTEM BATERAI.....	D-1
LAMPIRAN E LISTING PROGRAM	E-1

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Polycrystalline Silicon	7
Gambar 2.2 Mono crystalline silicon	7
Gambar 2.3 Thin Film Solar Cell	8
Gambar 2.4 Prinsip Kerja Solar Cell.....	8
Gambar 2.5 Kurva I-V pada Panel Surya	9
Gambar 2. 6 Solar Charger Controller (SCC) PWM	11
Gambar 2.7 Sinyal PWM (Pulse Width Modulation)	12
Gambar 2.8 Module Buck Converter	12
Gambar 2.9 Baterai Li-Ion (Lithium-Ion)	13
Gambar 2.10 Prinsip Kerja Baterai Li-Ion (Lithium-Ion)	14
Gambar 2.11 Bentuk dan Simbol Dioda	14
Gambar 2. 12 Pin Diagram Pada ACS712-30 A	16
Gambar 2. 13 Rele.....	17
Gambar 2. 14 Sensor LM35.....	16
Gambar 2. 15 LCD 2X16.....	17
Gambar 2. 16 Board Arduino Uno R3 [18].....	18
Gambar 3. 1 Perancangan dan Pembuatan Rangkaian Listrik	21
Gambar 3. 2 Rangkaian Arus ACS712	23
Gambar 3. 3 Rangkaian Sensor Suhu LM35.....	23
Gambar 3. 4 Rangkaian Proteksi.....	25
Gambar 3. 5 Rangkaian Monitoring.....	25
Gambar 3.6 Rangkaian Listrik	26
Gambar 3. 7 Desain 3D Alat	27
Gambar 3. 8 Perancangan Dan Pembuatan Software Sistem Alat.....	28
Gambar 3. 9 Diagram Blok Pengujian Pembacaan Sensor Arus	29
Gambar 3. 10 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Suhu.....	29
Gambar 3. 11 Diagram Blok Pengujian Proteksi Overcurrent.....	30
Gambar 3. 12 Diagram Blok Pengujian Proteksi Overheat	30
Gambar 3. 13 Diagram Blok Pengujian Keseluruhan Kondisi Charge.....	31

Gambar 3. 14 Diagram Blok Pengujian Keseluruhan Kondisi Discharge	32
Gambar 4.1 Charger Station Tampak Depan, Belakang, dan Samping	33
Gambar 4.2 Bagian Dalam Rak Satu dan Empat (Rangkaian Listrik).....	34
Gambar 4.3 Bagian Dalam Rak Dua.....	35
Gambar 4.4 Bagian Dalam Rak Tiga Modul Charger.....	35
Gambar 4. 5 Grafik Energi Panel Surya 10WP Selama 7 Hari.....	41
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Charge Baterai oleh Panel Surya.....	42
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Discharge Baterai Tanpa Beban	43
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian Tegangan Discharge Baterai dengan Beban	44
Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Arus Discharge Baterai dengan Beban.....	44
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712.....	46
Gambar 4. 11 Program Untuk Pengujian Dan Hail Sensor LM35.....	47
Gambar 4. 12 Grafik Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35	48

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3. 1 Spesifikasi Panel Surya Monocrystalline 10 WP.....	22
Tabel 4. 1 Tabel Hasil Pengujian sensor lm35.....	46
Tabel 4. 2 Tabel Hasil Pengujian sensor lm35.....	48
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Relay Dan Sensor Acs712	49
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Relay Dan Sensor Lm35.....	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagian besar listrik yang digunakan pada saat ini kebanyakan berasal dari energi tidak terbarukan. Berdasarkan data dari kementerian ESDM, Penggunaan Energi Baru Terbarukan untuk pembangkit listrik pada tahun 2018 sebesar 8,8 GW atau hanya sekitar 14% dari total kapasitas pembangkit listrik (fosil dan non fosil) yaitu sampai dengan 64,5 GW [1]. Energi surya atau tenaga surya merupakan salah satu dari sumber energi baru terbarukan yang tidak terbatas. Di negara ini, sinar matahari seringkali kurang dimanfaatkan sebagai sumber energi. Negara ini mempunyai potensi yang sangat tinggi dalam memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi karena letaknya yang berada di garis khatulistiwa [2].

Pembangkit listrik tenaga surya dengan potensi seperti ini tidak bisa dihindari dan sekaligus harus menghemat energi yang ada. Untuk mengoptimalkan energi listrik yang dihasilkan maka energi panel surya memerlukan sebuah media penyimpanan. Media penyimpanan energi yang dapat digunakan kapan saja merupakan cara konservasi terbaik, sehingga ketika kebutuhan listrik secara keseluruhan tinggi, sistem tenaga listrik dapat langsung digunakan [3].

Baterai merupakan perangkat penyimpan energi listrik dan terpenting dari perangkat elektronik portable. Jenis baterai sendiri ada 2 yaitu tipe primer dan sekunder [4]. Baterai Li-ion telah menjadi baterai isi ulang yang paling banyak digunakan saat ini karena banyak keunggulannya, seperti energi spesifik, kepadatan dan efisiensi yang tinggi, serta kemampuan pengisian cepat dan umur panjang yang relatif [5][6]. Keunggulan lainnya dibandingkan baterai sekunder lainnya, seperti self-discharge rendah, kinerja siklus pengisian dan pengosongan berulang yang baik, dan ramah lingkungan [7][8].

Baterai litium-ion dapat rusak secara mekanis jika tekanan eksternal terjadi karena menyebabkan wadah baterai berubah bentuk atau tertusuk benda tajam (seperti paku), Selain itu hal ini dapat disebabkan karena beban berlebih, pelepasan berlebih, dan korsleting eksternal [6]. Faktor lain yang mempengaruhi umur baterai adalah tingginya arus pengisian pada baterai. Mengisi baterai dengan arus yang

tinggi sebenarnya dapat mempercepat waktu pengisian, namun dapat merusak sel elektrolitik baterai, selain itu juga menyebabkan baterai terlalu panas [9], Oleh karena itu perlu adanya suatu sistem atau alat yang dapat memberi proteksi serta pemantauan dalam penggunaan daya listrik, sehingga penggunaan daya listrik dapat terkontrol dengan baik [10][11].

Beberapa penelitian telah membahas mengenai rancang bangun pemanfaatan panel surya 10 wp untuk pengisian baterai 12 V dengan sistem monitoring tegangan berbasis arduino nano dengan menggunakan LCD [12]. Pada penelitian rancang bangun panel surya untuk menggerakkan pompa dengan menggunakan proteksi relay sebagai pengaman dan juga sensor arus ACS172 sebagai acuan untuk relay bekerja [13]. Penelitian lain yang menggunakan sistem proteksi *overload* pada panel surya untuk pemutus tegangan jika tegangan yang dikeluarkan melebihi yang ditentukan [2]. Penelitian lain yang menggunakan *solar cell system* dengan menggunakan *overload protection* dimana arduino mengatur minimal arus yang berjalan sebesar 2,6 A dengan tegangan 12 V [16].

Penelitian yang menggunakan *Relay Module* untuk sistem *smarthome* dengan menggunakan mikrokontroler Arduino dengan menggunakan peralatan rumah tangga sebagai beban [15]. Penelitian lain mengenai desain dan implementasi *battery management system* panel surya portabel dengan metode *coulomb counting* menggunakan batre jenis *Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA)* dengan pengisian baterai sebesar 9,6 Ah dari total kapasitas 12 Ah dengan menggunakan beban lampu 5 watt pada saat pengosongan dan didapat nilai minimum erornya adalah 7,8% [14]. Penelitian lain mengenai Perancangan modular baterai lithium ion (*li-ion*) untuk beban lampu led dengan rata-rata error pengujian pada sensor tegangan 0,005%, sensor suhu 0,0326%, dan sensor arus 0,284% [7].

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dijelaskan bahwa penelitian ini membahas monitoring dan proteksi baterai litium ion, dimana untuk pengisian baterai menggunakan panel surya 10 wp untuk pengisian baterai dan untuk beban pada saat pengosongan baterai adalah ponsel HP. Untuk acuan proteksinya adalah besaran nilai arus dan suhu yang diatur menggunakan Arduino uno pada sensor ACS712 dan LM35.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang panel surya 10 wp sebagai sumber untuk pengisian baterai?
2. Bagaimana cara merancang sensor suhu, arus untuk memonitoring baterai?
3. Bagaimana cara merancang proteksi untuk melindungi baterai jika terjadi masalah?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang panel surya 10 wp sebagai sumber untuk pengisian baterai
2. Membuat sistem monitoring baterai Li-ion dengan menggunakan sensor suhu dan arus.
3. Merancang sistem proteksi yang bisa memutus rangkaian ketika suhu, arus dan tegangannya melebihi dari batas normal agar baterai Li-ion dapat berumur panjang.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat yaitu:

1. Sebagai referensi dan pengembangan monitoring dan proteksi baterai dengan menggunakan panel surya bagi akademisi yang melakukan penelitian yang berhubungan dengan EBT.
2. Dapat menjaga kondisi baterai Li-ion terhadap temperatur dan suhu.
3. Sebagai referensi pada penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan monitoring dan proteksi baterai litium ion pada panel surya.
4. Menjadi perkembangan dan pembaruan informasi pada bidang baterai litium ion

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan baterai jenis Lithium-Ion 18650, 3,7 V

2. Menggunakan HP sebagai beban untuk proses pemakaian baterai (*discharging system*)
3. Menggunakan panel surya 10 wp untuk pengisian baterai (*charging system*).
4. Menggunakan Sensor Arus ACS712, sensor suhu LM35.
5. Pengontrolan menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno.

1.6. Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan skripsi ini adalah terdiri dari tiga bagian, antara lain sebagai berikut:

1. Bagian awal laporan skripsi yang berisi halaman judul.
2. Bagian isi laporan skripsi ini terdiri atas:
 - a. Bab I Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah serta sistematika penulisan laporan skripsi.
 - b. Bab II Tinjauan Pustaka, yang dianggap sebagai penunjang dalam penelitian dan memberikan penjelasan tentang panel surya, *module buck converter*, dioda, baterai Li-Ion, *battery management system (BMS)*, sensor arus Acs712, sensor suhu Lm35, rele, dan arduino uno.
 - c. Bab III Metode Penelitian, menjelaskan tentang alur penelitian, komponen penelitian, persamaan atau algoritma penelitian, dan jadwal penelitian serta rancangan anggaran biaya (RAB) dari penelitian yang dilakukan.
 - d. Bab IV Hasil dan Pembahasan, menjelaskan tentang hasil penelitian yang didapatkan, mulai dari hasil perancangan dan pengujian *hardware* dan *software*, serta hasil pengujian alat secara keseluruhan.
 - e. Bab V Penutup, berisi tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan.
3. Bagian akhir laporan skripsi berisi tentang penjelasan daftar pustaka.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. R. Alham, F. H. Rumawan, M. Muslimin, R. M. Utomo, and A. Maulana, "Aplikasi Photovoltaic Cell (Pv) Terhadap Variasi Beban Elektrik Sebagai Energi Alternatif," *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 5, no. 2, pp. 123–129, 2021, doi: 10.36277/jteuniba.v5i2.92.
- [2] F. Al Hasan, "Rancang Bangun Metode Proteksi Overload Pada Panel Surya," *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 7–11, 2023, doi: 10.52447/jkte.v8i1.6603.
- [3] I. A. Premaratne, B. G. L. T. Samaranyake, and P. J. Binduhewa, "An Analytical Study on Methods to Detect Degraded Cells in a Multi-Cell Lithium-ion Battery Pack," *2020 IEEE 15th Int. Conf. Ind. Inf. Syst. ICIS 2020 - Proc.*, no. 978, pp. 59–64, 2020, doi: 10.1109/ICIS51140.2020.9342642.
- [4] Y. Astriani, A. Kurniasari, E. R. Priandana, and N. A. Aryono, "PENYEIMBANGAN STATE OF CHARGE BATERAI LEAD ACID PADA PROTOTYPE BATTERY MANAGEMENT SYSTEM A PROTOTYPE BATTERY MANAGEMENT SYSTEM FOR BALANCING," vol. 17, no. 1, pp. 43–52, 2018.
- [5] U. Nursusanto, K. Khairunnisa', and H. Hartoyo, "Real Time Battery Monitoring Control in Mini Generating System," *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 96–104, 2022, doi: 10.21831/jee.v6i2.54299.
- [6] S. Yin, J. Liu, and B. Cong, "Review of Thermal Runaway Monitoring, Warning and Protection Technologies for Lithium-Ion Batteries," *Processes*, vol. 11, no. 8, 2023, doi: 10.3390/pr11082345.
- [7] M. Otong, A. Didik, and W. Rizky, "PERANCANGAN MODULAR BATERAI LITHIUM ION(LI-ION) UNTUK BEBAN LAMPU LED," vol. 8, no. 2, pp. 260–273, 2019.
- [8] Y. Liu, R. Zhang, J. Wang, and Y. Wang, "Current and future lithium-ion battery manufacturing," *iScience*, vol. 24, no. 4, p. 102332, 2021, doi: 10.1016/j.isci.2021.102332.
- [9] N. D. Rahmadhani, F. Faizah, I. W. Yudhi, and M. Wiguna, "PROTOTYPE

SISTEM PROTEKSI PENGISIAN BATERAI DENGAN METODE FUZZY LOGIC,” pp. 1–9, 2020.

- [10] Mario, B. P. Lapanporo, and Muliadi, “Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik Pada Beban Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler ATmega328P,” *Prism. Fis.*, vol. VI, no. 01, pp. 26–33, 2018.
- [11] H. Abdulloh, M. Fanriadho, W. B. Pramono, Y. A. Amrullah, and U. Albab, “RANCANG BANGUN BATTERY MANAGEMENT SYSTEM,” pp. 128–137, 2018.
- [12] E. Yulitiarni Parhusip, “RANCANG BANGUN PEMANFAATAN PANEL SURYA SEBAGAI SMART CHARGER HANDPHONE DENGAN SISTEM MONITORING TEGANGAN BERBASIS ARDUINO NANO,” 2020.
- [13] J. P. G. A. Siwabessy, K. Ui, and M. Kuliah, “RANCANG BANGUN PANEL SURYA UNTUK MENGERAKAN POMPA DENGAN SOLAR TRACKER,” no. 021, pp. 21–22, 2021.
- [14] A. R. Afif, A. Wahmisari, S. A. Bandiyah, F. T. Elektro, and U. Telkom, “DESAIN DAN IMPLEMENTASI BATTERY MANAGEMENT SYSTEM PANEL SURYA PORTABEL DENGAN METODE COULOMB COUNTING DESIGN AND IMPLEMENTATION BATTERY MANAGEMENT SYSTEM PORTABLE SOLAR PANEL WITH COULOMB COUNTING METHOD,” 2019.
- [15] N. Sadikin, M. Sari, and B. Sanjaya, “Smarthome Using Android Smartphone, Arduino uno Microcontroller, and Relay Module,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1361, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1361/1/012035.
- [16] A. Wijaya, B. Alfaresi, and F. Ardianto, “Perancangan dan Implementasi Tracking Solar Cell System dengan Menggunakan Overload Protection,” *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 4, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i4.3522.
- [17] D. Suryana, “Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya),” *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 5–8, 2016, doi: 10.36048/jtpii.v1i2.1791.

- [18] D. R. Alwy, *Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Kinerja Panel Surya Berbasis Internet of Things (Iot)*. 2019.
- [19] M. Amin and R. Ananda, "Application Solar Cells on Helmes As a Handphone Battery Charger," *Proceeding Int. Confrence Soc. Sci. Inf. Technol.*, vol. 4509, no. 1, pp. 53–60, 2020.
- [20] M. Syukri and Suriadi, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 9, no. 2, pp. 77–80, 2010.
- [21] F. I. Pasaribu and M. Reza, "Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP," vol. 3, no. 2, pp. 46–55, 2021.
- [22] B. P. E. P. Yuda, A. Natsir, and I. M. A. Nrrartha, "Rancang Bangun Solar Charge Controller Dengan Metode Mppt Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano [Design of Solar Charge Controller With Mppt Method Based-on Microcontroller Arduino Nano]," *Mataram Repos. E-Journal*, 2018.
- [23] F. A. Shah, S. Shahzad Sheikh, U. I. Mir, and S. Owais Athar, "Battery health monitoring for commercialized electric vehicle batteries: Lithium-ion," *5th Int. Conf. Power Gener. Syst. Renew. Energy Technol. PGSRET 2019*, no. December 2020, pp. 1–6, 2019, doi 10.1109/PGSRET.2019.8882735.
- [24] V. Prakasam*, V. K. Tiwari, and K. R. A. L. Kanth, "LabVIEW Based Temperature Controller using Arduino," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 6830–6835, 2019, doi: 10.35940/ijrte.d5230.118419.