

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTIPE

DESAIN SISTEM *CHARGER STATION* DENGAN *FAST CHARGING* PADA *UNMANNED SURFACE VEHICLE*



ATHENNA IRANA PUTRI

NIT. 22 36 30 73 011

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTIPE

DESAIN SISTEM *CHARGER STATION* DENGAN *FAST CHARGING* PADA *UNMANNED SURFACE VEHICLE*



ATHENNA IRANA PUTRI

NIT. 22 36 30 73 011

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Athenna Irana Putri

Nomor Induk Taruna : 22 36 30 73 011

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

DESAIN SISTEM *CHARGER STATION* DENGAN *FAST CHARGING* PADA *UNMANNED SURFACE VEHICLE*

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 29 Juni 2026



ATHENNA IRANA PUTRI
NIT 22 36 30 73 011

ABSTRAK

Athena Irana Putri. DESAIN SISTEM CHARGER STATION DENGAN FAST CHARGING PADA UNMANNED SURFACE VEHICLE. Dibimbing oleh Ibu Diana Alia, S.T.,M.Eng. dan Bapak Akhmad Kasan Gufron, M.Pd.

Energi listrik adalah kebutuhan pokok untuk kelangsungan hidup kita, untuk memenuhi kebutuhan ini diperlukan pengembangan yang berkelanjutan dari berbagai sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan adalah energi panas matahari atau surya. Panel surya menghasilkan listrik yang selanjutnya diteruskan ke baterai sebagai tempat penyimpanan energi listrik. Energi listrik tersebut bisa digunakan untuk berbagai kebutuhan salah satunya yaitu untuk *charger Unmanned Surface Vehicle (USV)* dengan perkembangan teknologi *charger station* bisa dilakukan dengan cara *fast charging*. Alat ini dilengkapi dengan solar charger controller sebagai pengatur arus dan tegangan yang keluar dari panel surya dan sensor arus. Tujuan dari penelitian ini penggunaan energi terbarukan sebagai sumber energi charger station yang bisa digunakan *charger Unmanned Surface Vehicle (USV)* yang *fast charging* dan ramah lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *fast charging* pada *charger station* berhasil didesain dan diaplikasikan pada *USV* dengan mengintegrasikan panel surya 100 WP, MPPT, *buck converter*, sensor PZEM-017, serta ESP32 dengan protokol MQTT dan dashboard Node-RED sebagai sistem monitoring realtime. Panel surya mampu menghasilkan tegangan rata-rata 24 V DC dengan daya *output* tertinggi 98.81 W tanpa beban, *buck converter* mampu mempertahankan tegangan *output* stabil di 12.6 V dengan arus pengisian 4 A, dan sistem berhasil mengisi baterai *LiPo USV* dari kondisi *lowbat* 9.00 V hingga penuh 12.40 V dalam waktu 120 menit, dengan estimasi waktu operasi *USV* setelah pengisian penuh mencapai 116 menit atau 1 jam 56 menit.

Kata Kunci: Panel surya, *charger station*, *Unmanned Surface Vehicle (USV)*, *Buck Converter*

ABSTRACT

Athena Irana Putri. *DESIGN OF CHARGER STATION SYSTEM WITH FAST CHARGING ON UNMANNED SURFACE VEHICLE*. Supervised by Mrs. Diana Alia, S.T., M.Eng. and Mr. Akhmad Kasan Gufron, M.Pd.

Electrical energy is a basic need for our survival, to meet this need requires the sustainable development of various renewable and environmentally friendly energy sources. Renewable energy that can be utilized is solar energy. Solar panels produce electricity which is then forwarded to the battery as a storage area for electrical energy. This electrical energy can be used for various needs, one of which is for the Unmanned Surface Vehicle (USV) charger with the development of charger station technology can be done by fast charging. This tool is equipped with a solar charger controller as a regulator of the current and voltage coming out of the solar panel and current sensor. The purpose of this research is the use of renewable energy as a source of energy for charger stations that can be used for Unmanned Surface Vehicle (USV) chargers that are fast charging and environmentally friendly. The research results indicate that the fast charging system on the charger station was successfully designed and applied to the USV by integrating a 100 WP solar panel, MPPT, buck converter, PZEM-017 sensor, and ESP32 with MQTT protocol and Node-RED dashboard as a realtime monitoring system. The solar panel was able to produce an average voltage of 24 V DC with a peak power output of 98.81 W under no-load conditions, the buck converter was able to maintain a stable output voltage of 12.6 V with a charging current of 4 A, and the system successfully charged the USV LiPo battery from a low battery condition of 9.00 V to full at 12.40 V within 120 minutes, with an estimated USV operating time after a full charge reaching 116 minutes or 1 hour 56 minutes.

Keywords: *Solar panel, charger station, Unmanned Surface Vehicle (USV, Buck Converter*

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kebesaran Tuhan Yesus Kristus, karena atas segala kuasa, berkat dan anugerahnya peneliti dapat menyelesaikan penelitian karya ilmiah terapan ini. Adapun penelitian ini disusun sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program Sarjana Terapan Pelayaran di Politeknik Pelayaran Surabaya dengan judul

**“DESAIN SISTEM *CHARGER STATION* DENGAN *FAST CHARGING*
PADA *UNMANNED SURFACE VEHICLE*”.**

Pada kesempatan ini, peneliti menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E. selaku direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd., M.Mar.E. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal yang telah memberikan arahan serta bimbingan dalam penyusunan KIT peneliti.
3. Dosen pembimbing I Ibu Diana Alia, ST., M. Eng. yang telah memberikan arahan, bimbingan, motivasi terkait perancangan alat dan penyusunan KIT.
4. Dosen pembimbing II Bapak Akhmad Kasan Gufron, M.Pd. yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi dalam membantu penelitian dan penyusunan KIT.
5. Laporan tugas akhir ini peneliti persembahkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang selalu menyertai, memberkati, dan selalu melindungi peneliti untuk menyelesaikan sampai akhir, sebab sesuai dengan firmanNya pada Yesaya 41 ayat 10.
6. Kepada Mama, Dek There, Dek Teo, Mami, Engkong yang selalu memberi semangat, dan mendoakan peneliti agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Peneliti juga ingin berterima kasih kepada Rivan Maldini Silalahi sebagai pasangan peneliti yang selalu menemani, memberi semangat, mendukung peneliti dalam menyusun tugas akhir ini sampai selesai dan selalu senantiasa mendengar keluh kesah peneliti hingga akhir.
8. Rekan – rekan yang senantiasa mendukung dan menemani dalam penyusunan KIT.

Peneliti menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penelitian laporan tugas akhir KIT tersebut. Kritik dan saran yang membangun sangat peneliti harapkan dan semoga penelitian ini akan bermanfaat bagi semua pihak

Surabaya, 29 Juni 2026

ATHENNA IRANA PUTRI
NIT 22 36 30 73 011

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL AKHIR KARYA ILMIAH TERAPAN.....	v
PENGESAHAN TUGAS AKHIR KARYA ILMIAH TERAPAN	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Review Penelitian Sebelumnya	5
B. Landasan Teori	7
BAB III METODE PENELITIAN	20
A. Perancangan Sistem.....	20

B. Model Perancangan <i>Software</i> dan Desain.....	21
C. Rencana Pengujian Alat	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	30
A. Uji Coba Produk.....	30
1. Pengujian Statis	31
2. Pengujian Dinamis	39
B. Analisa Data.....	63
BAB V PENUTUP.....	64
A. Kesimpulan	64
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya	5
Tabel 3. 1 Koneksi Komponen Elektronika	23
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Panel Surya 100WP.....	33
Tabel 4. 2 Pengujian Arus 2A Buck Converter pada Beban Semu 30W	35
Tabel 4. 3 Pengujian Arus 5A Buck Converter pada Beban Semu 30W	35
Tabel 4. 4 Pengujian Sistem Charging Hari Pertama.....	39
Tabel 4. 5 Pengujian Sistem Charging Hari Kedua	42
Tabel 4. 6 Pengujian Sistem Charging Hari Ketiga	43
Tabel 4. 7 Pengujian Sistem Charging HKeempat	44
Tabel 4. 8 Pengujian Discharging Pertama	50
Tabel 4. 9 Pengujian Discharging Kedua	51
Tabel 4. 10 Pengujian Discharging Ketiga	53
Tabel 4. 11 Pengujian Discharging Keempat	54
Tabel 4. 12 Penelitian Sebelumnya.....	59
Tabel 4. 13 Perbandingan Pengisian Baterai dengan Peneliti Sebelumnya	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Unmanned Surface Vehicle</i>	8
Gambar 2. 2 Panel Surya.....	9
Gambar 2. 3 <i>Maximum Power Point Tracking</i>	11
Gambar 2. 4 <i>Lithium Polymer</i>	13
Gambar 2. 5 <i>Buck Converter</i>	14
Gambar 2. 6 Sensor PZEM-017	14
Gambar 2. 7 <i>Lithium Iron Phosphate (LiFePo4)</i>	15
Gambar 2. 8 ESP32.....	16
Gambar 2. 9 Node-RED.....	17
Gambar 3.1 Diagram Blok Alat.....	20
Gambar 3. 2 Rangkaian Elektronika Daya	22
Gambar 3. 3 Rangkaian Elektronika Mikrokontroler	23
Gambar 3. 4 Desain Sederhana Alat	24
Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> sistem kerja panel surya	25
Gambar 3. 6 <i>Flowchart</i> sistem kerja pengisian baterai USV	26
Gambar 4. 1 Perancangan Alat	30
Gambar 4. 2 Pengujian Panel Surya 100 WP	31
Gambar 4. 3 Kondisi Cuaca Pengujian, (a) Cuaca Hari Pertama, (b) Cuaca Hari Kedua, (c) Cuaca Hari Ketiga	32
Gambar 4. 4 Pengujian MPPT.....	34
Gambar 4. 5 Pengujian Sensor PZEM-017, (a) Tampilan Monitoring pada Node-RED, (b) Pengukuran Tegangan <i>Output</i> Sensor PZEM-017	37
Gambar 4. 6 <i>Flow</i> Node-RED Monitoring Sensor PZEM-017.....	39
Gambar 4. 7 Grafik Sistem <i>Charging</i>	45
Gambar 4. 8 Grafik <i>Discharging</i>	55
Gambar 4. 9 Data Konsumsi Daya Baterai <i>LiPo</i>	56
Gambar 4. 10 Grafik Konsumsi Baterai pada USV.....	58
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan <i>Charging</i>	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Energi listrik adalah kebutuhan pokok untuk kelangsungan hidup kita, untuk memenuhi kebutuhan ini diperlukan pengembangan yang berkelanjutan dari berbagai sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Melalui proses alam berkelanjutan yaitu penggunaan energi terbarukan pada sinar matahari. Sinar matahari ini menjadi sumber energi terbarukan yang dapat digunakan oleh semua orang. Karena iklimnya yang tropis, Indonesia akan memiliki jumlah energi matahari yang cukup besar untuk digunakan. Penggunaan energi ini sangat ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi. Selain itu, energi matahari dapat diubah menjadi listrik. Alat yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik adalah panel surya. Panel surya merupakan teknologi yang berfungsi untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. Dalam pengaplikasiannya panel surya dapat menjadi solusi alternatif untuk pengisian daya baterai dengan menggunakan tenaga listrik yang bersumber dari tenaga surya. Pada penelitian ini panel surya akan diaplikasikan pada *charger station* untuk pengisian daya *Unmanned Surface Vehicle (USV)*.

Dengan adanya teknologi yang terus berkembang muncul inovasi baru yaitu *Unmanned Surface Vehicle (USV)*. *Unmanned Surface Vehicle* adalah kendaraan tanpa awak yang saat ini sedang dikembangkan di perairan Indonesia untuk keperluan survei kedalaman pada perairan yang

menggabungkan kerangka navigasi otonom, sensor lingkungan, dan *echosounder multibeam* untuk mengumpulkan topografi, suhu, dan data lainnya yang digunakan untuk dunia pelayaran. Penggunaan *Unmanned Surface Vehicle* memiliki banyak manfaat, antara lain dapat mengurangi risiko keselamatan bagi para pekerja survei yang harus melakukan survei di wilayah yang sulit dijangkau dan berbahaya, serta tidak mengganggu alur pelayaran untuk bernavigasi. (Siregar, 2024)

Sistem kelistrikan *USV* terdiri dari berbagai komponen yang terintegrasi untuk memastikan operasi yang handal dan efisien. Motor listrik, baterai *lithium-polymer*, sistem manajemen energi, kontrol elektronik, sensor, dan sumber energi terbarukan seperti panel surya adalah bagian-bagian penting yang memungkinkan *USV* menjalankan misi dengan durasi dan kompleksitas yang berbeda-beda. Namun yang menjadi kendala dalam penelitian ini adalah pengisian daya yang belum optimal, dimana beban listrik yang di pakai cukup besar. Dan pengisian daya *USV* sebelumnya membutuhkan waktu yang lama sehingga mengganggu dalam penggunaan kapal itu sendiri. Maka diperlukan sistem *fast charging* yang dapat mengisi daya *USV* lebih cepat. *Fast charging* adalah teknologi pengisian daya baterai dengan arus dan tegangan yang tinggi untuk mempersingkat pengisian daya baterai.

Oleh karena itu, dalam penelitian **DESAIN SISTEM CHARGER STATION DENGAN FAST CHARGING PADA UNMANNED SURFACE VEHICLE** menggunakan panel surya sebagai sumber energi dan baterai sebagai penyimpanan dengan memanfaatkan teknologi *fast charging* untuk

menambah efisiensi dari pengisian daya *USV* yang sebelumnya membutuhkan waktu yang lama sehingga penggunaan *USV* dapat optimal.

B. Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang di atas, ditemukan permasalahan yang muncul ketika merancang desain sistem tersebut, adapun rumusan masalah pada Karya Ilmiah Terapan ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain sistem *fast charging* pada *charger station* untuk *Unmanned Surface Vehicle*?
2. Bagaimana menganalisis waktu pengisian pada sistem *fast charging* untuk diaplikasikan pada *Unmanned Surface Vehicle*?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah merupakan suatu hal berisi pemfokusan pada objek suatu penelitian yang dikerjakan. Dalam studi kasus *charging* pada baterai untuk kebutuhan operasional pada *Unmanned Surface Vehicle*, pada Karya Ilmiah Terapan ini meliputi :

1. Kapal yang diteliti untuk *power supply* adalah *Unmanned Surface Vehicle (Autonomous)*.
2. Menggunakan panel surya 100 WP dan kapasitas baterai *Lithium Polymer (LiPo)* 5000 mAh, 12 Volt
3. Pengujian dilakukan dengan 2 skenario yaitu pada saat *charging* dan *discharging* (digunakan pada kapal)
4. Monitoring sistem *fast charging* untuk baterai *Lithium Polymer (LiPo)*

D. Tujuan Penelitian

1. Mendesain sistem *fast charging* pada *charger station* untuk *Unmanned Surface Vehicle (USV)* yang mampu mengisi daya baterai secara cepat, aman, dan efisien menggunakan komponen *buck converter*, *MPPT*, dan panel surya sebagai sumber energi utama.
2. Menganalisis waktu pengisian pada sistem *fast charging* yang diaplikasikan pada *Unmanned Surface Vehicle (USV)* berdasarkan variasi kondisi awal baterai, sehingga diperoleh karakteristik durasi pengisian yang optimal untuk mendukung operasional *USV* secara berkelanjutan.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dari dibuatnya penelitian ini yaitu :

1. Dengan memanfaatkan sistem ini, diharapkan rancangan sistem *charger station* dengan *fast charging* pada *Unmanned Surface Vehicle* dapat mengurangi waktu yang diperlukan dalam pengisian daya sehingga mengefisiensi waktu pemakaian.
2. Dengan dilakukannya penelitian ini, pengisian daya cepat dapat membantu mengurangi biaya operasional konsumsi bahan bakar atau pergantian baterai yang lebih sering dalam jangka panjang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Pada setiap penelitian tentunya memiliki penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai referensi untuk dimodifikasi dan menghasilkan penelitian baru yang diharapkan lebih baik di masa mendatang. Tinjauan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2. 1 *Review Penelitian Sebelumnya*
Sumber: Dokumen Peneliti 2026

Sumber	Judul	Metode	Hasil
Bambang Purwahyudi , Aurianto Ramandhan, 2023	<i>Prototype of Battery Charger Using Solar Panel with Fast Charging Method</i>	Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian perancangan pengisian daya baterai menggunakan panel surya dengan metode pengisian cepat. Prototipe ini diuji dengan metode pengisian normal dan cepat, yang menunjukkan bahwa pengisian cepat secara signifikan mengurangi waktu pengisian.	Desain dan implementasi pengisian daya baterai dengan panel surya menggunakan metode pengisian cepat secara signifikan mengurangi waktu pengisian dibandingkan metode pengisian normal. Sistem yang terdiri dari panel fotovoltaik, baterai, konverter <i>buck</i> , dan mikrokontroler terbukti lebih efisien dan berkinerja lebih baik dibandingkan metode pengisian baterai sebelumnya.
Dini Khusnul Yaqin, Dwi Pratiwi, ST., MT (Jurnal Teknik Elektro, Universitas Jambi, 2019)	Rancang Bangun <i>Charge Controller</i> Panel Surya Dengan Menggunakan Sistem <i>Fast Charging</i>	Pada penelitian ini komponen yang digunakan pada alatnya yaitu, <i>controller</i> , sensor ACS712 yang digunakan untuk mendeteksi berapa arus yang mengalir, serta dilakukan pengujian sensor tegangan untuk mengevaluasi performa.	Dalam pengujian, <i>controller charging</i> panel surya dengan sistem <i>fast charging</i> yang dirancang berhasil mengatur penurunan tegangan dari panel surya ke baterai dan mengalirkan arus maksimal. Hasil pengujian menunjukkan <i>error</i> rata-rata sensor tegangan sebesar 0,21% dan 6,97%, masing-

Sumber	Judul	Metode	Hasil
			masing. <i>Controller</i> ini lebih cepat mengisi baterai <i>deep cycle</i> 12 Ah daripada <i>controller</i> CMP12–10A.
Diana Alia, Henna Nurdiansari, Akhmad Kasan Gupron, Amelia Greacy Talenta Siregar (<i>Marine Electricity Engineering</i> , Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia, 2025)	<i>Development of Power Management on Unmanned Surface Vehicles to Measure Battery Voltage and Power</i>	Penelitian ini menerapkan metode merancang sistem kelistrikan pada <i>USV</i> dengan memperhatikan kebutuhan daya, tegangan, dan arus untuk setiap komponen yang digunakan. Sistem menggunakan baterai <i>LiPo</i> berkapasitas 11,1 volt 4050mAh, dilengkapi dengan indikator baterai dan rangkaian tegangan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui konsumsi daya, waktu pengisian, serta kestabilan tegangan.	Hasil menunjukkan bahwa sistem bisa membantu <i>USV</i> beroperasi selama 47,8 menit dan memperkirakan masa pakai baterai sekitar 1 jam 22 menit. Waktu pengisian baterai 2,7 jam dengan efisiensi 91,29%, terdapat ketidakstabilan tegangan saat beban tinggi sehingga diperlukan regulator dan ESC untuk menjaga kestabilan dalam keseluruhan sistem dapat bekerja efisien dan stabil.
Wahyu Latifah, M. Nuzuluddin, Intan Komala Dewi Patwari (Program Studi Teknik Komputer, Universitas Hamzanwadi, 2024)	Rancang Bangun Kontrol <i>Charger Station</i> Dengan Panel Surya Berbasis Mikrokontroler	Pada penelitian ini menggunakan metode R&D dan ADDIE untuk merancang sistem <i>charger station</i> berbasis panel surya, baterai, dan mikrokontroler dengan sistem pembayaran coin acceptor	Pengujian pada sistem ini berjalan dengan baik, pengisian daya dipengaruhi intensitas cahaya matahari yang mempengaruhi perubahan tegangan pada SCC dan tingkat keberhasilan coin acceptor mencapai hingga 96,7%
Aldino Purwanto Dua Lembang, Haerani Firman Marhatang, Jamal (Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2026)	Perencanaan PLTS Untuk SPKLU Tipe Fast Charging Dengan Objek Kendaraan Roda Dua	Perancangan dan pengujian SPKLU <i>fast charging</i> berbasis PLTS dengan komponen yang terdiri dari panel surya 375WP, MPPT 60A, baterai 12V 100Ah, <i>boost converter</i> 1200W 20A untuk pengisian pada baterai <i>lithium-ion</i> dan baterai <i>Sealed Lead Acid (SLA)</i>	Baterai <i>lithium-ion</i> penuh dengan tegangan 52V dalam 1 jam 30 menit, baterai <i>SLA</i> di tegangan 52,8V dalam 3 jam 10 menit. Sistem berjalan dengan stabil pada daya 81,33W, namun kapasitas baterai penyimpanan belum cukup untuk isi lebih dari 1 baterai.

B. Landasan Teori

1. *Unmanned Surface Vehicle (USV)*

Unmanned Surface Vehicle (USV) atau *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* merupakan bagian dari kelompok kendaraan tanpa awak yang semakin populer dalam aplikasi maritim. *USV* memiliki kemampuan untuk beroperasi di permukaan air tanpa adanya awak di dalamnya (Andriansyah, 2023). Pengendalian *USV* dilakukan secara otomatis dengan memberikan perintah-perintah seperti *waypoint*, yang dikirim melalui *Ground Control Station (GCS)*. Melalui sistem telemetri, *USV* dapat mengirimkan data secara realtime ke *GCS*, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol *USV* dari jarak jauh.

Selain sebagai kapal riset, *USV* juga dapat digunakan untuk berbagai tujuan lainnya seperti kapal *survey*, inspeksi keadaan sekitar sungai, *survey seismic*, operasi penyelamatan, dan keperluan lainnya (Sukarno, 2024). Banyak negara telah menggunakan *USV* untuk melakukan penelitian di sungai maupun laut lepas secara otomatis. Hal ini memungkinkan para peneliti untuk fokus pada pengolahan data yang dikirim dari *USV* ke *Ground Control Station (GCS)* tanpa harus melakukan pengawasan langsung terhadap *USV* itu sendiri.

Perkembangan teknologi *USV* tidak hanya sebatas pada penggunaannya dalam berbagai aplikasi maritim, namun juga mencakup pengembangan sistem kontrolnya. Penelitian terbaru dilakukan mengenai perancangan sistem *steering* pada *USV*, khususnya dalam merancang *rudder* atau kemudi pada *USV*. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan

keakuratan dan kestabilan *USV* dalam navigasi di perairan yang berbeda-beda.

Penerapan *USV* dalam berbagai aplikasi maritim memberikan banyak manfaat, antara lain mengurangi risiko bagi para operator, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan efisiensi dalam pengumpulan data. Penggunaan *USV* juga membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut dalam pengembangan teknologi maritim yang lebih canggih dan efektif (Andriansyah, 2023).

Di Indonesia, potensi pemanfaatan *USV* sangat besar mengingat Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki banyak perairan yang perlu diawasi dan dieksplorasi. Dengan memanfaatkan *USV*, Indonesia dapat meningkatkan efektivitas dalam survei dan pemantauan perairan, serta memperluas kapabilitas dalam bidang maritim secara keseluruhan (Sukarno, 2024).

Selain itu, pengembangan teknologi *USV* juga dapat menjadi salah satu upaya untuk mengurangi risiko yang dihadapi oleh petugas yang bertugas di perairan yang berbahaya atau sulit diakses secara manual.



Gambar 2. 1 *Unmanned Surface Vehicle*
Sumber : Dokumen Pribadi, 2026

2. Panel Surya

Panel surya adalah perangkat yang menggunakan sel surya untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC). Panel surya terdiri dari sel fotovoltaik yang dirangkai menjadi satu unit untuk mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Panel surya umumnya memiliki umur lebih dari 20 tahun, di mana dalam periode tersebut, efisiensinya cenderung tetap tinggi tanpa mengalami penurunan yang signifikan (Rolaskhi, 2019).

Keunggulan utama panel surya adalah kemudahannya dalam pemeliharaan karena tidak memiliki bagian yang bergerak. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan panel surya adalah memastikan tidak ada benda atau material yang menghalangi sinar matahari untuk mencapai panel surya. Meskipun instalasi panel surya membutuhkan biaya yang cukup besar, namun panel surya memiliki daya tahan yang tinggi hingga mencapai 25 tahun, sehingga dapat dianggap sebagai investasi jangka panjang yang menguntungkan (Rolaskhi, 2019).



Gambar 2. 2 Panel Surya

Sumber : Dokumen Pribadi, 2026

Sebagai contoh, gambar 2.2 menunjukkan panel surya yang terpasang untuk penelitian ini. Hal ini menunjukkan bahwa panel surya dapat dipasang

pada berbagai jenis bangunan untuk memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan panel surya, kita dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang semakin terbatas dan mengurangi jejak karbon yang dihasilkan oleh pembangkit listrik konvensional.

Menurut (Usman, 2020) ada tiga jenis sel surya yang umum digunakan pada panel surya saat ini, yaitu:

- a. Monokristal (*Mono-crystalline*): Jenis panel surya yang paling efisien dan dihasilkan dengan teknologi terkini. Panel monokristal menghasilkan daya listrik per satuan luas yang paling tinggi. Mereka dirancang untuk digunakan di tempat-tempat yang membutuhkan konsumsi listrik besar, terutama di tempat dengan iklim ekstrim dan kondisi alam yang sangat keras. Panel monokristal memiliki efisiensi hingga 15%. Namun, kelemahannya adalah kinerjanya menurun drastis di tempat yang kurang terkena sinar matahari langsung (teduh), seperti pada cuaca berawan. Ciri fisiknya adalah memiliki sudut-sudut yang persegi dan ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan tipe polikristal.
- b. Polikristal (*Poly-crystalline*): Jenis panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena diproduksi dengan proses pengecoran. Panel ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar daripada jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Meskipun lebih ekonomis, panel surya polikristal memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan dengan monokristal.
- c. *Thin Film Photovoltaic*: Jenis panel surya yang terdiri dari dua lapisan

dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silikon dan amorfa. Panel ini memiliki efisiensi modul hingga 8.5%, sehingga membutuhkan luas permukaan yang lebih besar per watt daya yang dihasilkan dibandingkan dengan monokristal dan polikristal. Inovasi terbaru dalam teknologi ini adalah *Thin Film Triple Junction PV* (dengan tiga lapisan) yang dapat berfungsi efisien dalam kondisi cuaca yang sangat berawan dan menghasilkan daya listrik hingga 45% lebih tinggi dari jenis panel lain dengan daya setara.

3. *Maximum Power Point Tracking (MPPT)*

MPPT (Maximum Power Point Tracking) merupakan suatu algoritma pada *system* pengendali daya yang berfungsi untuk memperoleh daya maksimum dari modul fotovoltaik (PV) pada kondisi tertentu. *MPPT* biasanya diterapkan dalam converter DC-DC yang bekerja dengan menerima masukan berupa arus searah (DC) dari modul PV, kemudian mengolahnya sehingga menghasilkan tegangan dan arus DC yang telah disesuaikan secara optimal agar sesuai dengan kebutuhan baterai (Wahidin, 2022).



Gambar 2. 3 *Maximum Power Point Tracking*
Sumber : Dokumen Pribadi, 2026

4. *Lithium Polymer (LiPo)*

Baterai *Lithium Polymer (LiPo)* adalah jenis baterai yang mengandalkan elektrolit polimer kering sebagai pengganti elektrolit cair yang digunakan dalam baterai konvensional. Elektrolit polimer kering ini berbentuk lapisan plastik film tipis yang tersusun di antara anoda dan katoda, sehingga memungkinkan pertukaran ion. Keunggulan utama dari arsitektur baterai *LiPo* adalah kemampuannya untuk dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran yang fleksibel, membuatnya ideal untuk aplikasi dengan ruang terbatas.

Namun, ada kelemahan yang perlu diperhatikan dalam penggunaan baterai *LiPo*, yaitu lemahnya aliran pertukaran ion melalui elektrolit polimer kering. Hal ini mengakibatkan penurunan pada tingkat pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) baterai. Meskipun pemanasan dapat meningkatkan pertukaran ion, namun metode ini tidak praktis untuk digunakan secara umum karena risiko kerusakan yang lebih besar.

Sebagian besar baterai *LiPo* yang ada saat ini sebenarnya merupakan jenis *Hybrid Lithium Polymer*, yang sering disebut sebagai *Lithium-ion Polymer* atau hanya *Lithium Polymer*. Baterai ini tidak sepenuhnya menggunakan elektrolit kering seperti pada baterai *LiPo* murni. Dengan menggunakan elektrolit tipe gel terhadap polimer, pertukaran ion meningkat pesat (Lumbantobing, 2019). Elektrolit gel ini juga mengurangi tingkat kebocoran, namun tetap memiliki risiko mudah terbakar. Oleh karena itu, penggunaan baterai *LiPo* perlu dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan petunjuk penggunaan yang disarankan oleh produsen.

Meskipun baterai *LiPo* memiliki keunggulan dalam hal desain dan ukuran, pengguna perlu memahami risiko yang terkait dengan penggunaannya. Penggunaan yang tidak sesuai atau perlakuan yang kurang hati-hati dapat mengakibatkan kerusakan pada baterai dan bahkan kebakaran. Oleh karena itu, penting untuk selalu mengikuti panduan penggunaan yang disediakan oleh produsen dan menghindari penggunaan yang berisiko. Dengan demikian, penggunaan baterai *LiPo* dapat menjadi lebih aman dan efisien dalam aplikasi sehari-hari.



Gambar 2. 4 *Lithium Polymer*
Sumber : Siregar, 2024

5. *Buck Converter*

Buck converter adalah jenis converter DC-DC yang digunakan untuk mengurangi tegangan masukan menjadi tegangan keluaran yang lebih kecil dan bisa diatur sesuai kebutuhan perangkat yang digunakan. Konverter ini sering digunakan karena memiliki kinerja yang baik dan struktur rangkaian yang tidak terlalu rumit. Secara umum, *buck converter* bekerja dalam dua kondisi yaitu ketika saklar dalam keadaan nyala maka tegangan pada beban akan sama dengan tegangan sumber, dan jika saklar dalam keadaan mati tegangan pada beban akan menjadi nol (Nizar, 2024).



Gambar 2. 5 *Buck Converter*

Sumber : <https://electronicspices.com/product/300w-10a-dc-dc-step-down-buck-converter-adjustable-constant-voltage-module?srsId=AfmBOoqr6VBidnOGaG8qJBfUYaJMM2C0I2pmpEtT4u4g7qz39VA7w5yK>

6. Sensor PZEM-017

PZEM-017 adalah sebuah modul yang digunakan untuk mengukur arus searah dan bisa digunakan untuk memantau tegangan hingga 300 *volt* DC. Pengukuran arus di modul ini menggunakan *shunt* eksternal dengan kapasitas pengukuran dari 50 A hingga 300 A. Selain menampilkan energi modul ini juga dilengkapi dengan antarmuka komunikasi RS485 yang menggunakan protokol Modbus-RTU yang sering digunakan dalam sistem industri (Mubarak, 2022).



Gambar 2. 6 Sensor PZEM-017

Sumber : <https://docs.cirkitdesigner.com/component/a977bfa9-c38c-4ab6-825a-82b17037dc93/pzem-017>

7. *Lithium Iron Phosphate (LiFePo4)*

Lithium Iron Phosphate atau *LiFePo4* adalah salah satu jenis baterai *lithium* yang menggunakan *lithium iron phosphate* sebagai material katoda.

Baterai ini yang bisa diisi ulang dan sering digunakan, serta masuk ke dalam jenis baterai *lithium-ion*. *Lithium Iron Phosphate (LiFePo4)* memiliki tegangan sekitar 3,2 volt per sel dan dikenal memiliki sifat panas serta responsivitas yang tetap stabil. Selain itu, *LiFePo4* memiliki umur pakai yang cukup lama, kapasitas penyimpan energi yang besar, tegangan kerja dengan baik, efisiensi pengisian yang tinggi, serta penurunan kapasitas yang relatif kecil saat proses pelepasan energi. Baterai *LiFePo4* lebih cepat terisi dan memiliki daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan jenis baterai lainnya karena memiliki kerapatan energi yang tinggi (Ramadhandi, 2024).



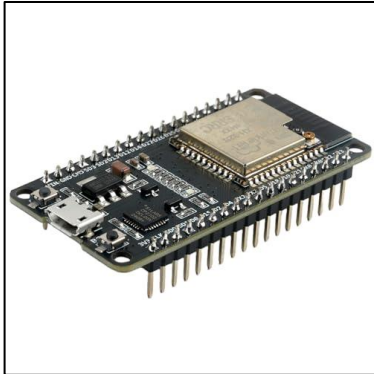
Gambar 2. 7 *Lithium Iron Phosphate (LiFePo4)*

Sumber : Dokumen Pribadi, 2026

8. ESP32 Mikrokontroler

ESP32 adalah mikrokontroler yang mampu mengirim dan menerima data dengan konsumsi daya yang rendah. Perangkat ini juga sudah dilengkapi dengan fitur *WiFi*, sehingga sangat mendukung penerapan konsep *Internet of Things*. ESP32 dapat digunakan untuk mengolah data dan menjalankan berbagai aplikasi, terutama pada sistem pemantauan dan pengendalian. Selain itu, ESP32 juga kompatibel dengan Arduino IDE sehingga proses pemrograman menjadi lebih mudah karena pengguna dapat

menulis, mengedit, dan mengunggah program ke board dengan praktis. Hasil pemrograman biasanya disimpan dalam *file* dan Arduino IDE juga menyediakan fitur untuk status proses upload, sehingga pengguna dapat lebih mudah mengetahui jika terdapat kesalahan pada sintaks program (Angin, 2024).



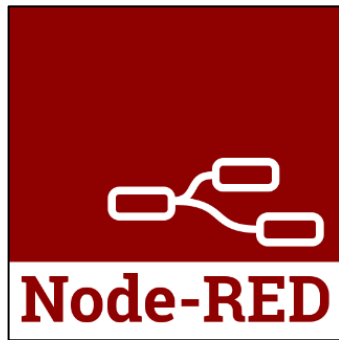
Gambar 2. 8 ESP32

Sumber : https://www.ubuy.co.id/en/product/12EEBUZW-doit-devit-v1-esp32-wroom-32-development-board-esp32-esp-32s-wifi-bluetooth-dev-module-cp2102-for-ar?srsId=AfmBOoq-gPHDN4IEEd367gLQFh6mwp3vyHQ_2axGoT4rld_8W2q5ugHy

9. Node-RED

Node-RED adalah satu alat pemrograman yang digunakan untuk menghubungkan dan menggabungkan perangkat keras, layanan *API* (*Application Programming Interface*), serta berbagai perangkat dalam sistem *Internet of Things*. Platform ini berjalan diatas Node.js dan sebagai *server* yang menerima serta membantu perangkat-perangkat yang terhubung ke dalam sistem. Dalam penerapannya, Node-RED sering digunakan bersama dengan Raspberry Pi sebagai *server* dan didukung oleh protokol komunikasi seperti *MQTT*. *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)* ini adalah sebuah protokol beroperasi diatas jaringan TCP/IP dan dibuat khusus untuk

berkomunikasi antar perangkat mesin ke mesin, terutama pada perangkat yang tidak memiliki alamat IP tetap seperti Arduino, Raspberry Pi, atau perangkat *IoT* lainnya. Selain itu, *MQTT* sering digunakan untuk memfasilitasi komunikasi antar perangkat (Sirait, 2022).



Gambar 2. 9 *Node-RED*

Sumber : <https://en.wikipedia.org/wiki/Node-RED>

10. *Charger Station*

Charging Station atau stasiun pengisian daya adalah fasilitas yang penting dalam infrastruktur kendaraan listrik (*EV*). Menurut (Zarkab, 2021), stasiun pengisian daya ini terhubung langsung ke panel distribusi listrik atau kadang-kadang ke stopkontak listrik. Stasiun pengisian daya *EV* memiliki satu atau lebih kabel yang dilengkapi dengan konektor yang mirip dengan *nozzle* pompa bensin, yang digunakan untuk mengisi daya baterai kendaraan listrik. Proses pengisian mirip dengan pengisian bahan bakar konvensional, di mana kendaraan terhubung ke stasiun pengisian dan proses pengisian dimulai setelah diaktifkan.

Selain itu, stasiun pengisian daya juga dilengkapi dengan lampu indikator yang menunjukkan status pengisian, seperti apakah kendaraan sudah terhubung dan sedang mengisi daya. Terdapat juga tombol-tombol yang memungkinkan pengguna untuk memulai atau menghentikan proses

pengisian. Adapun fitur tambahan yang bisa dimiliki oleh stasiun pengisian daya antara lain adalah meteran daya untuk mengukur konsumsi energi, sistem pembayaran elektronik untuk memudahkan pembayaran, sistem akses yang dikontrol kartu untuk pengaturan akses, serta akses internet untuk mengakses informasi terkait pengisian daya dan status kendaraan.

Pengembangan lebih lanjut dari stasiun pengisian daya *EV* juga mencakup integrasi dengan teknologi baru seperti pengisian daya cepat dan pintar. Misalnya, stasiun pengisian daya cepat dapat mengisi daya baterai dengan kecepatan yang lebih tinggi daripada stasiun pengisian daya konvensional, sementara stasiun pengisian daya pintar dapat terhubung ke jaringan untuk mengatur pengisian daya berdasarkan waktu, tarif, atau preferensi pengguna. Dengan demikian, stasiun pengisian daya *EV* tidak hanya menjadi infrastruktur pengisian daya, tetapi juga menjadi bagian integral dari sistem transportasi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

11. *Fast Charging*

Pengisian cepat (*fast charging*) merupakan sebuah proses penting dalam pengisian aki atau baterai dengan arus pengisian yang tinggi, namun harus tetap berada dalam batas yang aman agar tidak melebihi 50% dari kapasitas aki atau baterai yang akan diisi ulang (Tomaszewska dkk, 2019). Sebagai contoh, untuk aki berkapasitas 50AH, arus pengisian tidak boleh melebihi 25A. Meskipun prosedur pengisian cepat mirip dengan pengisian normal, pengisian cepat memerlukan perhatian ekstra karena risiko kerusakan yang lebih besar.

Pengisian cepat membutuhkan arus pengisian yang lebih tinggi dari pengisian biasa. Arus ini harus disesuaikan agar tidak melebihi 50% dari kapasitas baterai atau aki yang akan diisi ulang (Xie dkk, 2023). Sebagai ilustrasi, untuk baterai berkapasitas 12V 50AH, arus pengisian maksimal adalah 25A. Proses pengisian cepat sebenarnya serupa dengan pengisian normal, tetapi perbedaannya terletak pada arus pengisian yang lebih tinggi. Namun, risiko kerusakan sel-sel pada aki atau baterai jauh lebih tinggi daripada pengisian normal, sehingga metode ini harus dilakukan dengan hati-hati.

Salah satu keunggulan utama dari pengisian cepat adalah waktu pengisian yang lebih singkat, sehingga aki atau baterai dapat digunakan kembali lebih cepat (Medi, 2024). Namun, kelemahannya adalah potensi *overheating* pada aki atau baterai akibat arus pengisian yang tinggi, serta risiko kerusakan sel-sel pada aki atau baterai jika arus pengisian melebihi batas maksimum. Oleh karena itu, pengisian cepat sebaiknya dilakukan sesuai dengan petunjuk yang disarankan oleh produsen untuk menghindari kerusakan yang tidak diinginkan. Dengan memahami prinsip-prinsip dan risiko yang terlibat dalam pengisian cepat, pengguna dapat mengoptimalkan penggunaan aki atau baterai dengan aman dan efisien.

BAB III

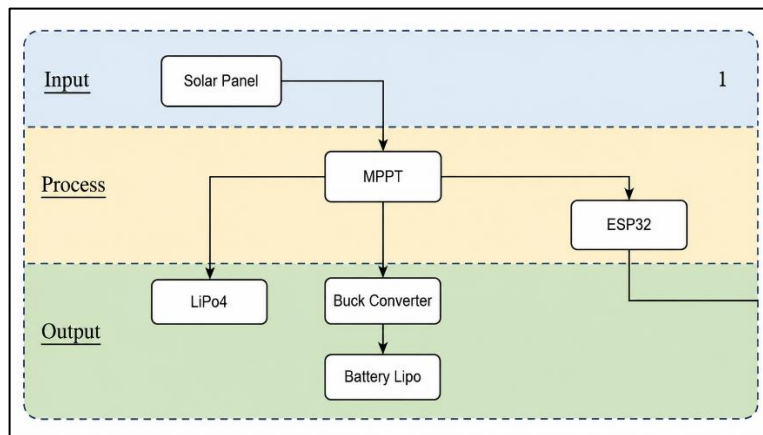
METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode penelitian dengan eksperimen melibatkan pengumpulan data melalui observasi dan percobaan yang sistematis. peneliti dapat menentukan hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel tertentu. Dalam metode ini, peneliti akan merancang, membangun, menguji alat atau instrumen serta mengevaluasi hasil dari penelitian ini sebelum digunakan dalam pengumpulan data.

1. Diagram Blok Alat

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini, secara umum didesain seperti diagram dari sistem yang digunakan seperti gambar diagram blok dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Blok Alat
Sumber: Penelitian Peneliti (2026)

Dari diagram di atas dapat dijelaskan bahwa panel surya berfungsi sebagai pengumpul energi matahari, mengonversi cahaya matahari menjadi listrik arus searah (DC). Listrik yang dihasilkan oleh panel surya ini

kemudian dialirkan ke *Maximum Power Point Tracking (MPPT)*. *MPPT* bertugas mengatur tegangan dan arus listrik yang masuk, memastikan bahwa listrik yang dihasilkan dari panel surya sesuai dengan kebutuhan pengisian baterai. *Buck converter* digunakan untuk *fast charging* pada baterai. Baterai jenis *Lithium Polymer (LiPo)* kemudian menyimpan energi listrik yang telah diatur oleh *sensor PZEM-017*. Energi yang disimpan dalam baterai ini nantinya digunakan untuk operasional *Unmanned Surface Vehicle (USV)*. *USV* memanfaatkan energi listrik yang tersimpan di baterai untuk menjalankan berbagai fungsinya di perairan. Alur proses ini, dari pengumpulan energi matahari hingga penggunaannya oleh *USV*, memastikan bahwa *USV* memiliki sumber daya yang cukup dan efisien untuk operasionalnya tanpa memerlukan sumber energi eksternal yang terus-menerus (Rajendran et al., 2020).

B. Model Perancangan *Software* dan Desain

1. Identifikasi Kebutuhan

Berdasarkan desain sistem yang sudah dibuat, maka dibutuhkan alat atau komponen yang digunakan untuk memonitoring arus dan tegangan panel surya, sebagai berikut:

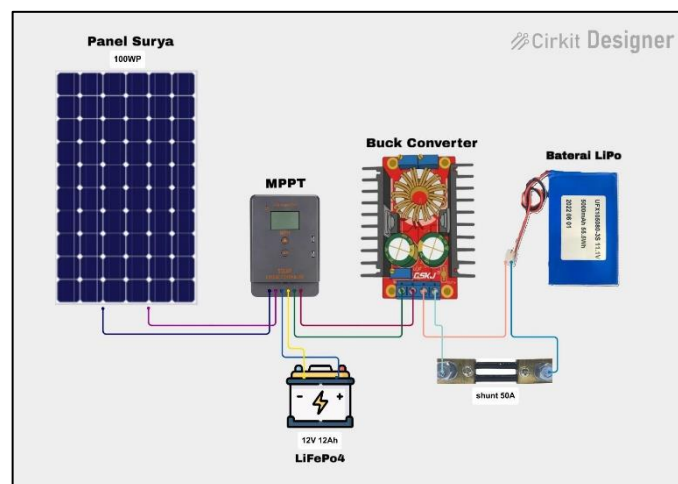
- a. Panel surya merupakan komponen utama yang memiliki fungsi yaitu pengumpul energi matahari, mengonversi cahaya matahari menjadi listrik arus searah (DC). Jika beban berupa listrik berarus searah (DC), maka baterai dapat langsung dihubungkan dengan beban DC dengan syarat spesifikasi tegangan yang didukung oleh perangkat berkisar dari

0-11,1 volt.

- b. *Maximum Power Point Tracking* bertugas mengatur tegangan dan arus listrik yang masuk, memastikan bahwa listrik yang dihasilkan dari panel surya sesuai dengan kebutuhan pengisian baterai.
 - c. Baterai *LiFePo4* merupakan komponen yang berfungsi untuk menyimpan energi atau daya listrik yang telah dihasilkan oleh panel surya.
 - d. *Buck converter* digunakan untuk sistem *fast charging* pada baterai.
 - e. Sensor PZEM-017 digunakan untuk memonitoring tegangan, arus dan daya yang masuk pada baterai.
2. Rangkaian Elektronika

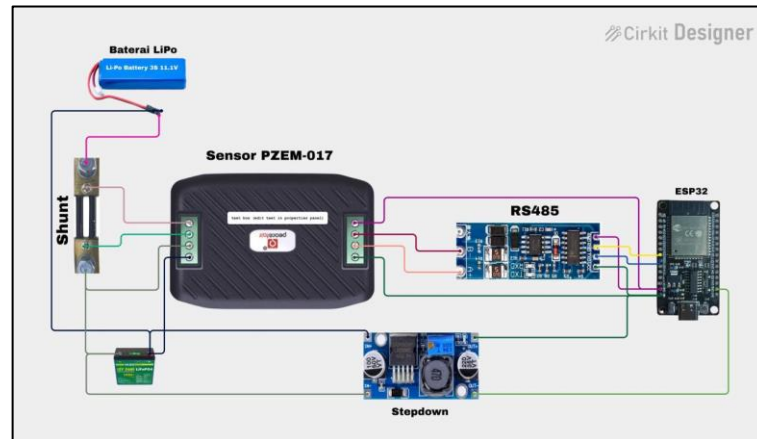
Pada rangkaian elektronika disini akan memudahkan perangkaian alat yang akan dibuat peneliti dengan menampilkan sub bagian masing-masing komponen juga dengan tabel koneksi pin masing-masing kaki dari komponen.

- a. Rangkaian Elektronika Daya



Gambar 3. 2 Rangkaian Elektronika Daya
Sumber: Penelitian Penullis (2026)

b. Rangkaian Elektronika Mikrokontroler



Gambar 3. 3 Rangkaian Elektronika Mikrokontroler

Sumber : Penelitian Peneliti (2026)

Tabel 3. 1 Koneksi Komponen Elektronika

Sumber: Penelitian Peneliti (2026)

No	Dari	Ke	Pin/Koneksi	Fungsi	Keterangan
1	PZEM-017	RS485	VCC → 5V	Power	Catu daya modul
2	PZEM-017	RS485	GND → GND	Ground	Ground sistem
3	PZEM-017	RS485	A → A+	Data (+)	Komunikasi RS485
4	PZEM-017	RS485	B → B-	Data (-)	Komunikasi RS485
5	RS485	ESP32	TX → GPIO 25 (RX)	Data serial	Cross TX ke RX
6	RS485	ESP32	RX → GPIO 26 (TX)	Data serial	Cross RX ke TX
7	RS485	ESP32	VCC → 5V	Power	Catu daya ESP32
8	RS485	ESP32	GND → GND	Ground	Ground sistem
9	PZEM-017	Baterai	B+ → Battery +	Input power (+)	Tegangan positif
10	PZEM-017	Baterai	B- → Battery -	Input power (-)	Tegangan negatif
11	PZEM-017	Beban	P+ → Load +	Monitoring beban	Arus positif
12	PZEM-017	Beban	P- → Load -	Monitoring beban	Arus negatif

c. Desain Alat



Gambar 3. 4 Desain Sederhana Alat

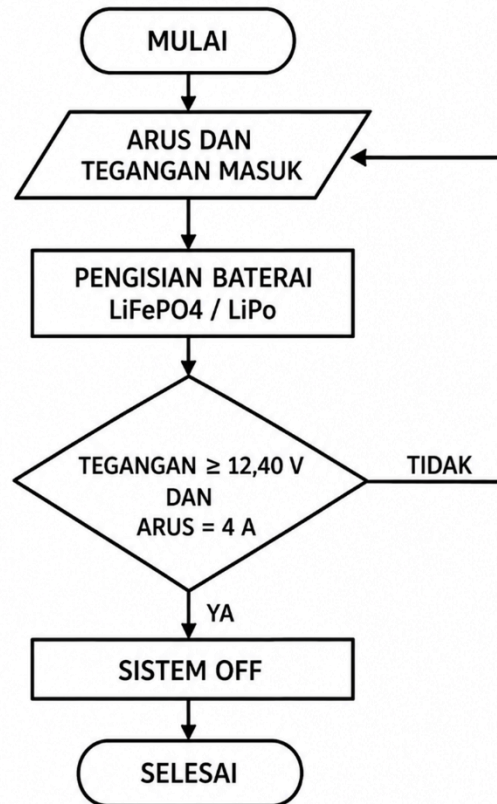
Sumber: Penelitian Peneliti (2026)

Pada gambar 3.4 desain alat menggunakan *MPPT* yang berfungsi untuk mengatur arus dan tegangan yang mengalir dari panel surya, sensor *PZEM-017* untuk monitoring arus, tegangan, dan daya yang mengalir ke baterai *LiPo* dan *buck converter* untuk meningkatkan arus yang mengalir berfungsi untuk mempercepat pengisian daya ke baterai *USV*. *Buck converter* ini sebagai pengatur daya keluaran yang digunakan untuk menyesuaikan tegangan dan arus pengisian baterai sesuai dengan kebutuhan sistem. Tegangan keluaran diatur sebagai batas maksimum pengisian baterai *LiPo* guna mencegah terjadinya *overheating* dan menjaga keamanan serta umur pakai baterai. Selain itu, *buck converter* memiliki kemampuan pengaturan arus pengisian pada 2A hingga 5A dan dalam penelitian ini arus diatur pada arus 4A hingga 5A untuk mendukung sistem *fast charging* tanpa melebihi aman pengisian baterai.

3. Perancangan *Software*

Perancangan *software* dilakukan setelah perancangan perangkat keras (*hardware*).

a. *Flowchart* sistem kerja panel surya

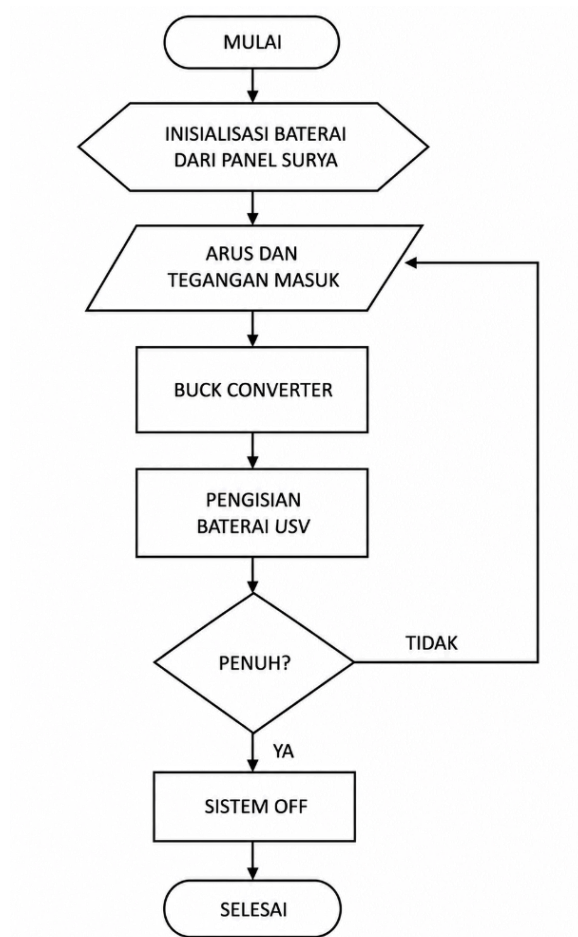


Gambar 3.5 *Flowchart* sistem kerja panel surya
Sumber: Penelitian Peneliti (2026)

Pada gambar *flowchart* 3.5 digambarkan sistem dimulai dengan input arus dan tegangan dari panel surya. Arus dan tegangan ini dihasilkan dari konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik oleh panel surya. Arus dan tegangan dari panel surya digunakan untuk mengisi baterai *LiFePo4* dan baterai *LiPo*. Baterai *LiFePo4* berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan panel surya agar dapat digunakan saat panel surya tidak menghasilkan energi, seperti pada malam hari atau saat cuaca mendung. Sistem kemudian memeriksa

apakah kapasitas baterai sudah penuh atau belum. Kapasitas baterai yang penuh diindikasikan dengan tegangan baterai yang mencapai batas maksimum pada 12,40V. Jika kapasitas baterai sudah penuh, sistem akan dimatikan. Hal ini dilakukan untuk mencegah kerusakan baterai akibat pengisian berlebih. Sistem kerja panel surya dengan baterai selesai dan siap digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik.

- b. *Flowchart* sistem kerja pengisian baterai *Unmanned Surface Vehicle (USV)*.



Gambar 3. 6 *Flowchart* sistem kerja pengisian baterai *USV*

Sumber: Penelitian Peneliti (2026)

Pada gambar *flowchart* 3.6 digambarkan sistem dimulai dengan inisialisasi baterai dari panel surya. Inisialisasi ini bertujuan untuk

memastikan baterai dalam kondisi siap untuk menerima arus dan tegangan dari panel surya. Arus dan tegangan dari panel surya masuk ke sistem. Arus dan tegangan ini dihasilkan dari konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik oleh panel surya. Arus dan tegangan dari panel surya kemudian dialirkan ke *buck converter*. *Buck converter* adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk menstabilkan dan mengatur tegangan dan arus yang masuk ke baterai. Arus dan tegangan yang telah distabilkan oleh *buck converter* kemudian digunakan untuk mengisi baterai *Unmanned Surface Vehicle (USV)*. Sistem kemudian memeriksa apakah kapasitas baterai *USV* sudah penuh atau belum. Kapasitas baterai yang penuh diindikasikan dengan tegangan baterai yang mencapai batas maksimumnya. Jika kapasitas baterai *USV* sudah penuh, sistem akan dimatikan. Hal ini dilakukan untuk mencegah kerusakan baterai akibat pengisian berlebih. Sistem kerja panel surya dengan baterai selesai dan siap digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik.

C. Rencana Pengujian Alat

1. Uji statis

Pengujian alat dilakukan dengan menguji setiap komponen yang digunakan seperti, Panel Surya, *Maximum Power Point Tracking (MPPT)*, *Buck Converter*, Sensor PZEM-017, ESP32, MQQT, dan Node-RED. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui komponen bekerja dengan baik atau tidak sebelum alat dirangkai sesuai dengan perancangan alat.

2. Uji dinamis

Pengujian alat akan dilakukan untuk menguji seberapa jauh alat bekerja dengan optimal dan baik. Pengujian dimulai dari menguji masing-masing komponen dan pengujian alat secara utuh apakah sesuai dengan fungsinya atau tidak. Panel surya berfungsi sebagai penghasil listrik dari energi surya, *Maximum Power Point Tracking* berfungsi untuk mengukur dan mengatur arus serta tegangan yang masuk ke baterai. Dari baterai masuk ke *buck converter* yang berfungsi untuk mengatur besar kecilnya arus yang masuk ke baterai *USV* guna efisiensi kecepatan pengisian daya. Waktu pengujian selama lima kali pengujian, dalam 1 hari akan dilakukan pengujian pada pukul 10.00 sampai 14.00 untuk *charge* dilakukan dengan interval waktu 4 jam dan jeda waktu 2 jam *discharge* sampai kapasitas baterai berkurang 25% dengan dialirkan ke beban yaitu pengisian baterai *USV*. Dari pengujian tersebut data yang akan diambil yaitu, jumlah arus, tegangan dan daya yang dihasilkan untuk disimpan pada baterai. Lalu data yang diperoleh akan di akumulasikan dan di ambil rata-rata pada setiap intervalnya.

a. Pengujian baterai *LiPo*

1) *Charge*

Dilakukan dengan cara pengisian daya melalui *buck converter* sampai baterai penuh. Dengan data yang diambil arus, tegangan dan kecepatan waktu pengisian baterai. Yang akan dilakukan 5 jam dalam 1 hari pada saat *Sun Peak Hour (SPH)*.

2) *Discharge*

Dilakukan dengan cara melepas pengisian baterai dan mengoperasikan *USV* sampai baterai berkurang 25%.

.