

# RANCANG BANGUN PENGISI DAYA BATERAI HANDPHONE BERBASIS PANEL SURYA DAN TEKNOLOGI IoT DI LAPANGAN PERWIRA DIRGANTARA

Alan Maulana Adams<sup>1</sup>, Ade Irfansyah<sup>2</sup>, Setyo Hariyadi<sup>3</sup>

Program Studi D3 Teknik Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: [alanadamalan03@gmail.com](mailto:alanadamalan03@gmail.com)

## Abstrak

Riset ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem pengisian daya baterai *handphone* berbasis panel surya yang dilengkapi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT), guna mendukung efisiensi energi dan kemandirian daya di lingkungan Lapangan Perwira Dirgantara. Pentingnya penelitian ini terletak pada upaya pemanfaatan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan mendukung kebutuhan pengisian daya perangkat elektronik secara mandiri, khususnya di lokasi outdoor yang jauh dari sumber listrik konvensional. Secara keilmuan, penelitian ini berkontribusi pada integrasi sistem energi terbarukan dengan teknologi IoT dalam bidang teknik elektro dan sistem tertanam. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*), yang mencakup analisis kebutuhan pengguna, perancangan sistem perangkat keras dan lunak, perakitan komponen seperti panel surya, *solar charge controller*, baterai 12V, sensor PZEM-004T, serta mikrokontroler ESP32 untuk pemantauan data secara *real time* melalui platform IoT. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengisi daya *handphone* secara efektif dengan sumber daya dari panel surya dan dapat dimonitor secara daring menggunakan koneksi internet. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah terciptanya pemahaman baru tentang penerapan sistem monitoring energi berbasis IoT pada sistem pengisian daya mandiri di ruang terbuka, yang dapat menjadi solusi alternatif dalam pengembangan teknologi ramah lingkungan dan efisiensi energi di masa depan.

**Kata kunci:** Panel Surya, IoT, ESP32, PZEM-004T, Pengisian Daya, Energi Terbarukan

## Abstract

*This research aims to design and develop a solar-powered mobile phone charging system integrated with Internet of Things (IoT) technology, intended to support energy efficiency and power independence at the Lapangan Perwira Dirgantara. The significance of this study lies in promoting the use of environmentally friendly renewable energy sources and meeting the need for independent charging of electronic devices, particularly in outdoor locations distant from conventional power sources. From a scientific perspective, this research contributes to the integration of renewable energy systems and IoT-based monitoring in the field of electrical engineering and embedded systems. The study employs the 4D development method (Define, Design, Develop, Disseminate), which includes user needs analysis, hardware and software design, and the assembly of components such as solar panels, a solar charge controller, a 12V battery, a PZEM-004T sensor, and an ESP32 microcontroller for real-time data monitoring via an IoT platform. The results show that the system can effectively charge mobile phones using solar energy and can be monitored online through internet connectivity. The key contribution of this research is the new understanding of how IoT-based energy monitoring systems can be applied to independent*

*outdoor charging setups, providing an alternative solution in the development of sustainable and energy-efficient technology for the future.*

**Keywords:** *Solar Panel, IoT, ESP32, PZEM-004T, Charging System, Renewable Energy*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang masalah

Seiring meningkatnya kebutuhan handphone dalam mendukung aktivitas sehari-hari, ketersediaan sumber daya listrik yang mudah diakses menjadi sangat penting (Muzakir, 2023). Idealnya, Lapangan Perwira Dirgantara memiliki fasilitas pengisi daya berbasis panel surya dan Internet of Things (IoT) agar mahasiswa, dosen, maupun pegawai dapat mengisi daya secara mandiri tanpa harus meninggalkan area kegiatan. Namun, hingga kini fasilitas tersebut belum tersedia sehingga pengguna harus kembali ke asrama atau ruangan tertentu untuk melakukan pengisian daya. Kondisi ini mendorong perlunya inovasi penyediaan listrik mandiri melalui energi terbarukan, salah satunya pemanfaatan panel surya yang efisien, ramah lingkungan, dan mendukung pengembangan teknologi berkelanjutan (Yuwono et al., 2023).

Untuk mendukung pengelolaan sistem, teknologi IoT diintegrasikan agar pengguna dapat memantau status pengisian daya, kapasitas baterai, dan tegangan secara real-time melalui smartphone (Kusumastuti et al., 2022). Dengan asumsi kondisi cuaca cerah bersuhu 25–30°C, sistem ini diharapkan dapat beroperasi optimal di luar ruang. Meski beberapa fasilitas pengisian daya telah tersedia di area kampus, belum ada yang secara khusus ditempatkan di lapangan terbuka. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pengisi daya handphone berbasis panel surya dan IoT di Lapangan Perwira Dirgantara guna mendukung efisiensi energi terbarukan di lingkungan kampus. Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem pengisi daya handphone berbasis panel surya dan IoT di Lapangan Perwira Dirgantara serta bagaimana cara kerja dan perawatannya. Agar pembahasan terarah, penelitian dibatasi pada perancangan sistem untuk perangkat handphone melalui port USB, Lightning, dan wireless charging dengan sumber energi dari panel surya yang terhubung ke baterai. Teknologi IoT difokuskan pada pemantauan daya, kapasitas baterai, dan tegangan melalui dashboard berbasis web atau aplikasi. Sistem dirancang khusus untuk penggunaan luar ruang dengan memperhatikan cuaca dan keamanan, serta difokuskan pada pembuatan alat, bukan implementasi massal.

Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem pengisi daya handphone berbasis panel surya dengan pemantauan IoT secara real-time, serta menguji kinerja dan menjelaskan cara kerja dan prosedur perawatan sistem yang terdiri dari panel surya, solar charge controller, baterai 12V, sensor PZEM-004T, sensor INA219, dan mikrokontroler ESP32. Penelitian ini diharapkan memberi manfaat teoritis dalam pengembangan energi terbarukan, penerapan IoT, dan sistem elektronika terintegrasi. Secara praktis, penelitian ini dapat menjadi solusi pengisian daya di lapangan terbuka, mendorong penggunaan energi ramah lingkungan, serta menjadi referensi bagi pengembangan teknologi serupa.

### LANDASAN TEORI

#### a. Panel Surya

Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksploitasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan bahkan untuk

mendinginkan (Widayana, 2012). Energi surya adalah salah satu sumber energi terbarukan yang berasal dari sinar matahari. Sumber energi ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui panel surya. Cara kerja panel surya didasarkan pada prinsip efek fotovoltaiik, di mana cahaya matahari yang jatuh pada sel surya akan memicu pelepasan elektron dan menghasilkan arus listrik searah (DC).

Dalam penelitian ini, Panel surya yang digunakan dalam proyek ini memiliki daya sebesar 30 wp dan memiliki ukuran (mm) 650 x 350 x 25. Dengan kemampuan menghasilkan energi listrik, panel ini dapat memberikan tegangan *output* sekitar 12V DC, tergantung pada seberapa kuat intensitas cahaya matahari yang diterimanya. Meskipun daya yang dihasilkan tergolong kecil, panel ini sudah cukup untuk mengisi baterai dan dapat dimanfaatkan dalam sistem pengisian daya *portable* atau skala kecil, seperti untuk pengisi daya *handphone*.

#### **b. Solar Charger Controller**

Pengontrol pengisian tenaga surya adalah perangkat yang berfungsi untuk mengatur aliran arus searah dari panel surya menuju baterai (Haryanto, 2021). Tujuan utamanya adalah melindungi baterai dari pengisian berlebih (*overcharge*) serta pengosongan berlebih (*overdischarge*). Dengan menggunakan perangkat ini, umur baterai dapat diperpanjang dan sistem secara keseluruhan menjadi lebih stabil. Selain itu, pengontrol ini juga membantu dalam mendistribusikan energi ke beban sesuai dengan kebutuhan. Alat ini juga dapat mencegah pengisian daya yang berlebihan (*overcharging*) maupun pengosongan baterai secara berlebihan (*deep discharge*). Dalam menentukan kapasitas *Solar Charge Controller* (SCC), digunakan perhitungan berdasarkan arus hubung singkat (*short circuit current*/Isc) dari panel surya yang dikalikan dengan faktor keamanan 1,25 untuk mengantisipasi lonjakan arus dan efisiensi sistem

#### **c. Aki**

Sistem ini menggunakan baterai dengan kapasitas 12V. Baterai ini berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya, sehingga kita dapat menggunakan energi tersebut kapan saja, termasuk saat malam hari atau ketika cuaca mendung. Penyimpanan energi dalam baterai sangat penting untuk memastikan ketersediaan pasokan listrik yang stabil dan dapat diandalkan, terutama dalam aplikasi yang memerlukan kontinuitas operasional (Achhari & Fadar, 2018).

#### **d. Model Nodemcu ESP32**

Media ESP32 adalah mikrokontroler yang dilengkapi dengan fitur WiFi dan *Bluetooth* yang sangat cocok untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler ini memiliki berbagai fungsi, antara lain: Mengumpulkan data dari sensor, seperti PZEM-004T dan INA 219 Mengirim data secara *real-time* ke *platform dashboard* IoT, seperti Blynk atau Thingspeak, Menyediakan antarmuka untuk memonitor daya, tegangan, arus, dan status pengisian yang dapat diakses melalui smartphone atau laptop. Keunggulan ESP32, dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya terletak pada kecepatannya, jumlah pin yang lebih banyak, serta efisiensi konsumsi daya yang ditawarkannya (Foster, 2018).

**e. Sensor Pzem004-t**

PZEM-004T adalah sensor yang dirancang untuk memantau berbagai parameter listrik secara *real-time*. Dengan sensor pengguna dapat mengukur tegangan (*Volt*), arus (*Ampere*), daya (*Watt*), frekuensi, dan energi (kWh) (Andari, 2021). PZEM-004T dapat berkomunikasi dengan ESP32 menggunakan metode komunikasi UART, sehingga data yang diperoleh dapat langsung ditampilkan di *dashboard* IoT. Keberadaan sensor ini memungkinkan pengguna untuk memantau tegangan, daya, arus, energi yang masuk ke beban/stop kontak.

**f. Sensor Ina219**

Sensor INA219 adalah modul elektronik buatan Texas Instruments yang berfungsi mengukur arus, tegangan, dan daya pada rangkaian listrik DC. Sensor ini menggunakan metode *high-side current sensing* dengan mendeteksi perbedaan tegangan sebelum arus mencapai beban, sehingga lebih aman dan akurat dibanding pengukuran di sisi ground. INA219 terbukti efektif dalam pemantauan energi, termasuk pada sistem panel surya (Foster et al., 2018). Dalam penelitian ini, sensor digunakan untuk memantau kondisi baterai dan panel surya dengan membaca tegangan, arus pengisian maupun pengosongan, serta menghitung konsumsi daya. Data dari sensor dikirim ke ESP32 lalu diteruskan ke cloud sehingga dapat dipantau melalui smartphone. Dengan demikian, INA219 berperan penting dalam menjaga kinerja dan keamanan baterai pada sistem panel surya.

**g. Inverter**

Inverter adalah perangkat elektronik yang memiliki peran penting dalam mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Sumber listrik yang umum digunakan, seperti baterai, aki, atau panel surya, biasanya menghasilkan arus DC. Namun, sebagian besar peralatan listrik di rumah memerlukan arus AC untuk dapat berfungsi dengan baik. inverter menjadi komponen yang krusial dalam berbagai sistem, seperti sistem tenaga surya, Uninterruptible Power Supply (UPS), dan aplikasi lain yang memerlukan konversi dari DC ke AC. Menurut studi, inverter tidak hanya berfungsi untuk konversi energi, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi sistem tenaga terbarukan (Foster et al., 2018).

**h. Modul Step Down LM2596**

Modul *Step Down* LM2596 adalah modul yang memakai IC LM2596 sebagai komponen utamanya (Pratama et al., 2022). Modul ini merupakan *converter* DC-DC yang berfungsi untuk menurunkan tegangan DC *input* menjadi tegangan DC *output* yang lebih rendah dan stabil. Dalam sistem rancang bangun pengisi daya *handphone* yang berbasis panel surya ini, LM2596 berperan sebagai pengatur tegangan *output* dari baterai atau *solar charge controller*.

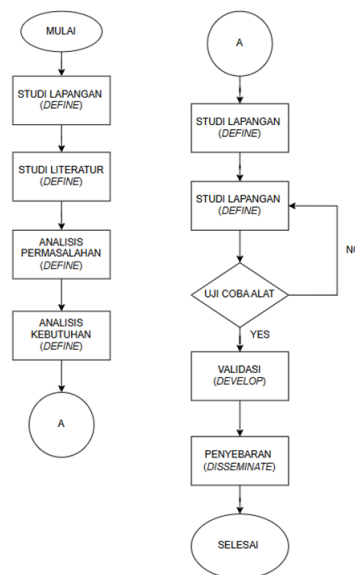
## 2. METODE

Metode Dalam tugas akhir ini, penelitian yang dilakukan mengadopsi jenis *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan model *Four-D* (4D). Model penelitian ini, mengadopsi model 4D oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel pada tahun 1974, terdiri dari empat tahapan utama yaitu pendefinisian, perancangan, pengembangan, dan penyebaran (Masyruhan et al., 2020). Model 4D ini sering digunakan dalam penelitian yang bertujuan untuk menciptakan produk baru yang aplikatif, efektif, dan dapat digunakan secara luas oleh masyarakat.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem pengisian daya baterai *handphone* yang efisien dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan energi matahari serta teknologi *Internet of Things* (IoT). Lokasi implementasi yang dipilih adalah Lapangan Perwira Dirgantara, sebuah area yang sering digunakan oleh taruna dan pengunjung, sehingga memerlukan fasilitas pengisian daya yang praktis dan dapat diakses kapan saja.

### a. Desain Penelitian

Tahap desain merupakan langkah kedua dalam proses pembuatan alat. Pada tahap ini, tujuan utamanya adalah merancang skema koneksi antara perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang akan digunakan untuk menjalankan operasi alat tersebut seperti pada gambar 1 berikut:

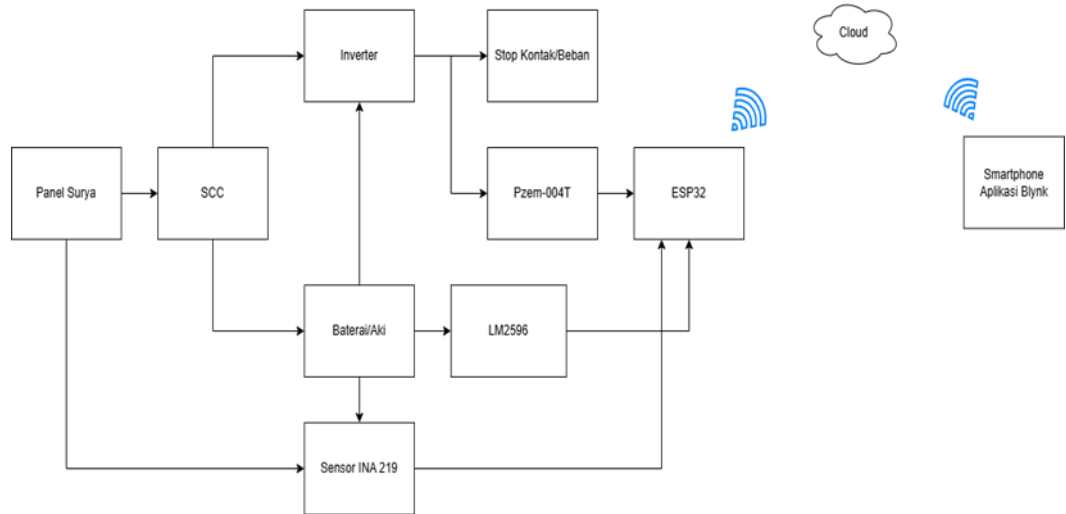


Gambar 1 Blok Diagram Desain Penelitian

### b. Perancangan Alat

Perancangan alat adalah tahap penting dalam proses pembuatan Pengisi Daya Baterai *Handphone* Berbasis Panel Surya dan IoT menggunakan ESP32 di Politeknik Penerbangan Surabaya.

### c. Cara Kerja Alat



Gambar 2 Blok diagram cara kerja alat

Blok diagram pada gambar 2 menunjukkan alur kerja sistem pengisi daya handphone berbasis panel surya dan IoT yang dirancang untuk digunakan di Lapangan Perwira Dirgantara. Sistem ini memanfaatkan energi surya sebagai sumber utama, yang diatur oleh Solar Charge Controller (SCC) untuk mengisi baterai secara aman dan efisien. Energi dari baterai kemudian disalurkan ke inverter untuk menghasilkan arus AC atau ke modul step-down LM2596 untuk menyuplai mikrokontroler dan sensor. Pemantauan sistem dilakukan menggunakan sensor INA219 untuk arus dan tegangan DC serta PZEM-004T untuk parameter AC. Semua data dikirim ke ESP32 dan diteruskan ke cloud agar dapat dipantau secara real-time melalui smartphone. Dengan integrasi energi surya dan IoT, sistem ini ramah lingkungan, efisien, serta mendukung pengawasan jarak jauh, sehingga ideal untuk area terbuka dengan keterbatasan listrik konvensional.

### d. Komponen Alat

#### Perangkat Keras (Hardware)

Perangkat keras sistem ini terdiri dari beberapa komponen elektronik terintegrasi yang berfungsi mendukung pengisian daya handphone menggunakan energi surya serta pengiriman data pemantauan ke smartphone melalui internet. Komponen utama yang digunakan meliputi: panel surya sebagai sumber energi, solar charge controller (SCC) untuk mengatur arus dan tegangan agar baterai aman dari overcharge maupun overdischarge, serta baterai/aki sebagai penyimpan energi. Selain itu, terdapat sensor PZEM-004T untuk memantau tegangan, arus, daya, dan energi; modul LM2596 untuk menurunkan tegangan baterai 12V menjadi 5V; dan sensor INA219 untuk mengukur arus, tegangan, dan daya pada rangkaian. Seluruh komponen bekerja terpadu agar sistem dapat berfungsi optimal.

### **Perangkat Lunak (Software)**

Perangkat lunak berfungsi sebagai pengontrol logika operasional sistem sekaligus antarmuka pengguna untuk memantau data secara real-time. Komponen yang digunakan meliputi Arduino IDE untuk menyusun, memverifikasi, dan mengunggah kode program ke ESP32, serta *Blynk* sebagai aplikasi IoT yang menampilkan data tegangan, arus, daya, dan energi melalui dashboard grafis atau numerik di smartphone.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **a. Tahap Define (Pendefinisian)**

#### **Identifikasi Masalah**

Tahap *define* bertujuan mengidentifikasi masalah dan kebutuhan sistem melalui studi pendahuluan, observasi di Lapangan Perwira Dirgantara, serta wawancara pengguna. Hasilnya, ditemukan belum tersedianya fasilitas pengisian daya handphone di lapangan, sehingga pengguna bergantung pada listrik konvensional di gedung atau asrama. Padahal, area kampus memiliki potensi energi surya yang dapat dimanfaatkan. Selain itu, belum ada sistem monitoring real-time yang membuat penggunaan energi kurang efisien dan berisiko *overcharge*. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi berupa sistem pengisian daya mandiri berbasis panel surya dengan teknologi IoT untuk memudahkan pemantauan daya melalui perangkat seluler.

#### **Analisis Kebutuhan Sistem**

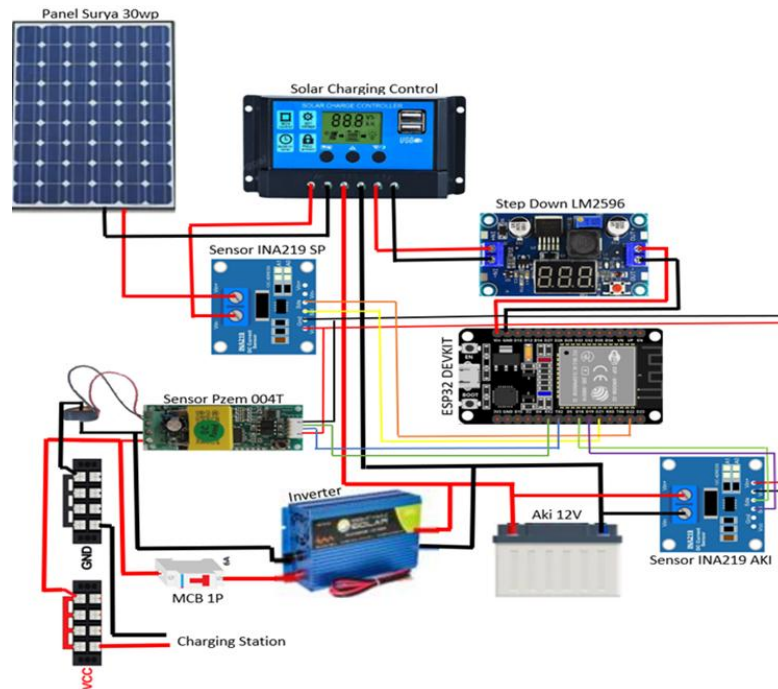
Analisis kebutuhan menunjukkan bahwa Lapangan Perwira Dirgantara belum memiliki fasilitas pengisi daya handphone, sehingga pegawai dan taruna kesulitan saat baterai habis di lapangan. Hasil wawancara dengan Bapak Rofi dan Taruna Aditya menegaskan perlunya sistem pengisi daya mandiri berbasis panel surya yang tahan cuaca, dilengkapi indikator, dapat dipantau melalui aplikasi, serta digunakan lebih dari satu orang. Lokasi lapangan dianggap sesuai karena terbuka dan diawasi CCTV. Harapan pengguna sangat positif, sehingga sistem ini relevan sebagai solusi pengisian daya yang efisien, praktis, dan ramah lingkungan di kampus.

#### **Karakteristik Lingkungan Penelitian**

Lapangan Perwira Dirgantara merupakan area terbuka dengan paparan matahari optimal, sehingga cocok untuk penerapan panel surya. Aktivitas taruna yang tinggi di lapangan belum didukung fasilitas listrik, sehingga dibutuhkan sistem pengisi daya portabel berbasis energi surya yang tahan cuaca, aman, dan mudah digunakan. Lokasi implementasi dipilih di sisi kanan lapangan dekat asrama H1 karena strategis, aman, dan mendapat cahaya maksimal. Dukungan jaringan internet kampus juga memungkinkan integrasi IoT untuk monitoring real-time. Dengan kondisi ini, sistem pengisi daya surya berbasis IoT menjadi solusi efisien, praktis, dan ramah lingkungan bagi kebutuhan energi di lapangan.

### **b. Tahap Design (Perancangan)**





Gambar 3 Wiring diagram

Skema sistem yang terdapat pada gambar 3, dimulai dari panel surya 30 Wp yang menghasilkan listrik dan diatur solar charge controller untuk mengisi baterai 12V. Modul step down LM2596 menyesuaikan tegangan bagi ESP32 dan sensor. ESP32 mengolah data dari sensor INA219 dan PZEM-004T lalu mengirimkannya ke aplikasi Blynk secara real-time. Energi baterai disalurkan ke charging station USB, dengan MCB dan SCC sebagai proteksi, serta inverter bila diperlukan. Sistem ini dirancang mandiri, efisien, aman, dan ramah lingkungan.

**c. Tahap Develop (Pengembangan)**

Tahap Develop merupakan tahap realisasi desain melalui perakitan perangkat keras, pemrograman perangkat lunak, dan pengujian awal. Perangkat keras meliputi pemasangan panel surya ke SCC, penyimpanan energi pada baterai 12V, penyesuaian tegangan dengan modul step-down, serta integrasi ESP32 dengan sensor INA219 dan PZEM-004T untuk monitoring. Output baterai dialirkan ke inverter, stop kontak AC, dan port USB sebagai titik pengisian daya. Perangkat lunak menggunakan Arduino IDE untuk menulis, menyusun, dan mengunggah program ke ESP32 agar sensor dapat dibaca dan data dikirim ke aplikasi Blynk secara real-time.

**d. Tahap Disseminate (Penyebaran)**



Gambar 4 lokasi dalam peta

Lokasi pengisian daya surya berbasis IoT dipilih di antara Asrama H1 dan lapangan futsal Akasa karena akses mudah, sering dilalui mahasiswa, dan terbuka untuk penyerapan sinar matahari sesuai pada Gambar 4. Fasilitas ini menjawab kebutuhan mahasiswa yang kesulitan mengisi daya ponsel di luar ruangan tanpa mengganggu aktivitas kampus. Penempatan juga mempertimbangkan keamanan, fondasi kokoh, serta mendukung energi mandiri dan kampus ramah lingkungan.

#### 4. Hasil Pengujian dan Pembahasan



Gambar 5 Pengujian Output Alat

Setelah perakitan, sistem diuji dengan mengukur output stop kontak dari inverter untuk memastikan energi baterai yang dikonversi menjadi AC tersedia. Pengukuran menggunakan avometer digital menunjukkan tegangan 240,5 VAC, sesuai standar 220–240 VAC di Indonesia Seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil ini membuktikan inverter bekerja baik dan mampu menyediakan tegangan AC yang stabil.

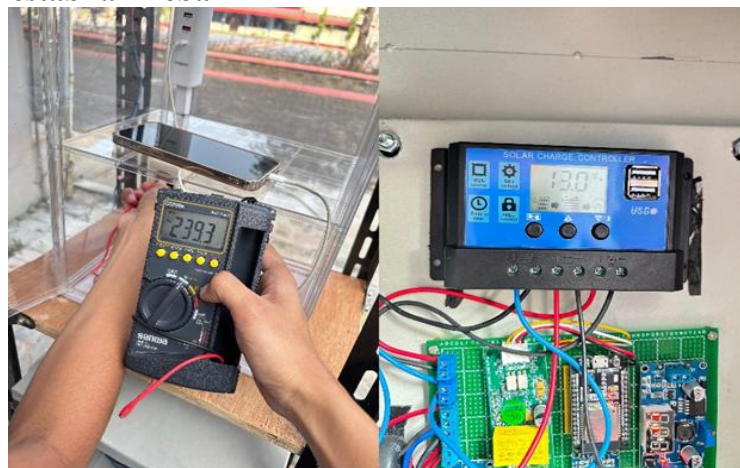
**a. Data Hasil Pengujian**

Tabel 1 Hasil Pengujian Komponen

Testing	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Yang Didapat	Keterangan
Stop Kontak	Berfungsi dan mengalirkan arus Listrik untuk charger	Berfungsi dengan baik	Sesuai
Bylnk	Indikator bekerja sesuai parameter pada web bylnk	Indikator bekerja akan tetapi ada sedikit selisih tapi masih batas toleransi	Sesuai
Aki	Memastikan aki dapat menyuplai daya ke beban.	Nilai tegangan aki dan kondisi aki sangat baik untuk menyuplai	Sesuai
Panel Surya	Menghasilkan tegangan yang diharapkan	Tegangan dan panas yang diserap bekerja dengan baik	Sesuai

Hasil pengujian pada Tabel 1 menunjukkan seluruh komponen sistem pengisi daya surya berbasis IoT berfungsi baik sesuai rancangan. Panel surya menghasilkan tegangan stabil >17V tanpa beban, SCC mengatur pengisian baterai 12V dengan indikator aktif, dan baterai menyimpan energi 12,6–13,2V secara optimal. Saat beban dihubungkan melalui stop kontak atau USB, tegangan tetap aman dan handphone dapat terisi dengan baik. Secara keseluruhan, sistem bekerja terpadu dan efektif, layak digunakan di area outdoor seperti Lapangan Perwira Dirgantara.

**b. Pengujian Kestabilan Beban**



Gambar 6 Hasil Pengujian 1 Beban



Pada Gambar 6 ini menunjukkan proses pengujian sensor PZEM-004T untuk mengukur tegangan keluaran dari sistem. Sensor dihubungkan ke beban 1 beban melalui jalur kelistrikan, kemudian hasil pengukuran ditampilkan pada layar monitoring. Tujuan pengujian ini adalah memastikan bahwa sensor dapat membaca nilai tegangan secara akurat dan stabil sesuai spesifikasi, sehingga data yang dikirim ke sistem IoT dapat diandalkan.



Gambar 7 Hasil Pengujian 2 Beban

Pada Gambar 7 ini terlihat proses pengujian sensor PZEM-004T dalam mengukur arus yang mengalir dari sumber daya menuju 2 beban. Sensor mendeteksi arus listrik melalui metode pengukuran internal dan hasilnya divisualisasikan pada tampilan monitoring. Pengujian ini bertujuan memverifikasi sensitivitas dan keakuratan sensor arus, sehingga sistem dapat memantau konsumsi daya beban secara *real-time*.



Gambar 8 Hasil Pengujian 3 Beban

Pada Gambar 8 ini memperlihatkan hasil pengujian sensor dalam membaca daya

(watt) dan energi (Wh) yang dihasilkan atau digunakan oleh sistem dengan 3 beban. Data daya dihitung berdasarkan tegangan dan arus yang terukur, sementara energi merupakan akumulasi daya terhadap waktu. Pengujian ini memastikan bahwa perhitungan daya dan energi dari sensor sesuai dengan hasil perhitungan manual, sehingga mendukung keakuratan monitoring pada sistem IoT.

### c. Pengujian Terhadap Sensor

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor

Keterangan	Sensor Ina219	Sensor Pzem004t	Avometer	Selisih	Presentase Kesalahan (%)
Tegangan Panel Surya	12,42 VDC	-	12,53 V	0,11	0,0087
Tegangan Aki	12,26 VDC	-	12,39 V	0,13	0,010
Tegangan Stop Kontak	-	234,4 VAC	238,4 V	4	0,016
Arus Panel Surya	3,2 mA	-	1,58 mA	1,62	1,02
Mencari daya Tegangan $\times$ Arus					
Daya Stop Kontak	-	232,1 VAC $\times$ 0,15 mA = 34,8 Watt	238,3 VAC $\times$ 0,12 mA = 28,56 Watt	6,24	0,218
Daya Aki	12,38VDC $\times$ 0,12 mA = 1,485	-	12,52 $\times$ 0,1 mA = 1,252 Watt	0,233	0,186
Rata-rata				2,0555	0,2431

Hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 2 sensor PZEM-004T dan INA219 dengan pembanding avometer menunjukkan selisih pengukuran sangat kecil (0,0087%–0,016%), sehingga keduanya dikategorikan “Sangat Akurat”. Hal ini membuktikan sensor mampu menampilkan data real-time secara stabil, validasi dengan alat ukur manual mendukung keandalannya, serta integrasi dengan ESP32 dan Blynk berhasil sehingga sistem layak digunakan sebagai pengisian daya berbasis panel surya dan pemantauan jarak jauh.

## 3. PENUTUP

### a. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dengan model 4D, diperoleh kesimpulan bahwa sistem pengisi daya handphone berbasis panel surya dan IoT berhasil dirancang melalui identifikasi kebutuhan, perhitungan kapasitas, pemilihan komponen, serta perakitan perangkat yang terdiri dari panel surya 30 Wp, SCC, baterai 12V, NodeMCU ESP32, sensor PZEM-004T dan INA219, serta USB converter. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mengisi daya handphone dan memantau tegangan, arus, daya, dan energi secara real-time dengan data akurat, bekerja mandiri menggunakan energi matahari, serta layak digunakan untuk

pengisian ringan. Perawatan rutin diperlukan untuk menjaga kinerja, meliputi pembersihan panel, pengecekan kabel dan baterai, serta pemantauan performa melalui IoT.

**b. Saran**

Saran pengembangan penelitian ini yaitu menambah kapasitas panel surya dan baterai agar sistem mampu menampung lebih banyak energi dan beroperasi lebih lama, mengembangkan fitur kontrol jarak jauh atau otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi serta umur komponen, serta memberikan edukasi kepada pengguna agar memahami cara kerja dan pentingnya menjaga keberlanjutan sistem berbasis energi bersih dan IoT.

## REFERENSI

- Abdullatif, F. (2023). *Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Guna Pengisian Baterai Pada Km. Mochtar Prabu Mangkunegara*.
- Achkari, O., & Fadar, A. E. L. (2018). Renewable Energy Storage Technologies - A Review. *Proceedings Of Engineering And Technology – Pet*, 35(July 2018), 69–79.
- Aditya, L., & Harahap, A. R. (2024). Rancang Bangun Penerangan Jalan Umum Untuk Mengatasi Kondisi Berkabut Menggunakan Sensor Ldr Dan Sensor Kabut Berbasis Esp 32. *Jurnal Elektro*, 12(1), 12–21.
- Andari, R. (2021). Sistem Monitoring Penggunaan Beban Pada Proses Pengosongan Baterai 100wp Menggunakan Sensor Pzem-004t. *Jurnal Amplifier : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer*, 11(1), 29–36.
- Aqilla, D. N., & Thalib, F. (2022). Rancang Bangun Sistem Penyewaan Charging Elektronik Dengan Daya Panel Surya Berbasis Iot. *Jurnal Teknologi*, 9(2), 123–133.
- Arizal, Z., Dewi, A. Y., Effendi, A., Putra, A. M. N., & Andari, R. (2023). Central Publisher Analisis Kinerja & Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) On-Grid 735 Kwp : Studi Kasus Di Kantor Pusat Pt.Pertamina Hulu Rokan. *Central Publisher*, 1, 920–935.
- Diran Kurniawan, A. L. (2024). *View Of Catu Daya Nirkabel Dengan Tracking Panel Surya Untuk Pengisian Baterai Handphone Diarea Parkir*.
- Foster, M. (2018). *The Performance Of Embankment Dams With Filters Coarser Than ‘ No-Erosion ’ Design Criteria*. September 2018.
- Foster, M., Ronnqvist, H., & Fell, R. (2018). The Perfomance Of Embankment Dams With Filters Coarser Than No-Erosion Design Criteria. *Hydropower & Dams*, 4, 64–71.
- Haryanto, T. (2021). Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 43.
- Hidayat, S. (2015). *Pengisi Baterai Portable Dengan Menggunakan Sel Surya*. 7(2).
- Kamal, K., Tyas, U. M., Buckhari, A. A., & Pattasang, P. (2023). Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi (Teknos)*, 1(1), 1–10.
- Kusumastusi, H., Endryansyah, & Kholis, N. (2022). Rancang Bangun Plts Portable Untuk Supply Mobile Charger Berbasis Internet Of Things. *Indonesian Journal Of Engineering And Technology (Inajet)*, 5(1), 20–28.
- Masyruhan, M., Pratiwi, U., & Al Hakim, Y. (2020). Perancangan Alat Peraga Hukum Hooke Berbasis Mikrokontroler Arduino Sebagai Media Pembelajaran Fisika. *Spektra: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 6(2), 134.
- Muzakir, A. (2023). *Sistem Monitoring Daya Listrik Internet Of Things (Iot) Menggunakan*

- Algoritma Fuzzy Logic Sugeno Dan Firebase Berbasis Android.*
- Payung, R. Y., Purwanto, E., & Murdianto, D. F. (2020). Rancang Bangun Buck-Boost Converter Pada Sistem Charging Baterai Dengan Sumber Solar Cell Menggunakan Kontrol Pi Pada Uninterruptible Power Supply (Ups) Offline Untuk Aplikasi Beban Rumah Tangga. *Poligrad*, 1(1), 49–54.
- Pratama, W. R., Yulianti, B., & Sugiharto, A. (2022). Prototipe Smart Parking Modular Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknologi Industri*, 11(1), 52–60.
- Prayitno, W. A., Muttaqin, A., & Syauqy, D. (2017). Sistem Monitoring Suhu, Kelembapan, Dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hdiroponik Menggunakan Blynk Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dan Ilmu Komputer*, 1(4), 292–297.
- R Alkautsar, W. C. (2023). *Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Ac Mikrogrid Dengan Sistem Off-Grid.*
- Rifaini, A., Sintaro, S., & Surahman, A. (2022). Alat Perangkap Dan Kamera Pengawas Dengan Menggunakan Esp32-Cam Sebagai Sistem Keamanan Kandang Ayam. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 2(2), 52–63.
- Saiful Rijal, M., & Penerbangan Surabaya Jl Jemur Andayani, P. I. (2022). Rancang Bangun Turbin Angin Dilengkapi Auto Buck Boost Converter. *Prosiding Snitp (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, 6(1), 2022.
- Sethi, P., & Sarangi, S. R. (2017). Internet Of Things: Architectures, Protocols, And Applications. *Journal Of Electrical And Computer Engineering*, 25.
- Simanjuntak, R. S. (2023). *Rancang Bangun “Saklar Otomatis Alarm Saat Terjadi Gempa Bumi Berbasis Arduino Nano.*
- Widayana, G. (2012). Pemanfaatan Energi Surya. *Sustainability (Switzerland)*, 9(1), 1–14.
- Yuwono, A. H., Diharja, R., & Solihin, M. W. (2023). Sistem Pengisian Daya Secara Wireless Menggunakan Iot Berbasis Tracking Panel Surya. *Prosiding Seniati*, 7(2), 252–258.
- Zaenurrohman, Hazrina, F., Harris, M. I. R., & Santoso, A. (2024). Rancang Bangun Sistem Solar Charging Station Berbasis Arduino Mega2560 Dilengkapi Batasan Daya Beban Terpasang. *Electronica And Electrical Journal Of Innovation Technology*, 5(2), 92–99.
- Zamiat Rakhman, A. M. (2023). *Rancang Bangun Perangkat Monitoring Dan Analisa Daya Terintegrasi Untuk Emergency Charging Pole Dilingkungan Telkom University Berbasis Mikrokontroler | Eproceedings Of Applied Science.*