

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KONVERSI ENERGI PADA PANEL SURYA BERBASIS WEBSITE

SKRIPSI

**OLEH :
REZA SAPUTRA
198120025**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 17/10/24

Access From (repository.uma.ac.id)17/10/24

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KONVERSI ENERGI PADA PANEL SURYA BERBASIS WEBSITE

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh :
Reza Saputra
198120025

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 17/10/24

Access From (repository.uma.ac.id)17/10/24

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Monitoring Konversi Energi pada Panel
Surya Berbasis Website

Nama : Reza Saputra

NPM : 19.812.0025

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Ir. Habib Satria, MT, IPM
Pembimbing


Dr. Eng. Suprianto, S.T., M.T.
Dekan

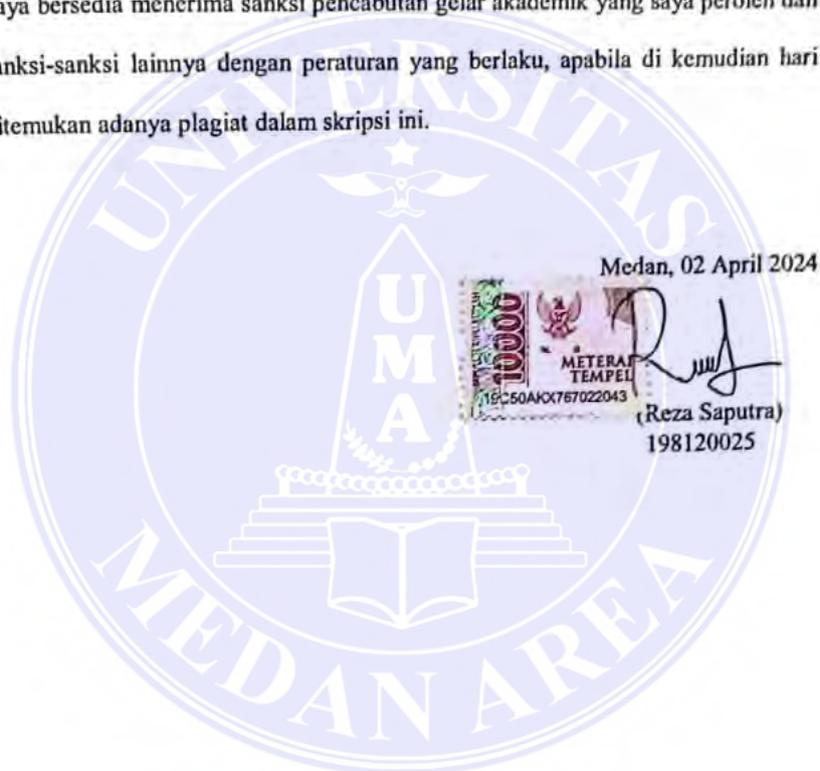

Ir. Habib Satria, MT, IPM
Ka. Prodi

Tanggal Lulus : 02 April 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan
dibawah ini:

Nama : Reza Saputra
NPM : 198120025
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada
Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive
Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Rancang Bangun Sistem Monitoring Konversi Energi Pada Panel Surya
Berbasis Website**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-
eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-
kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan
mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencatumkan nama
saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan
Pada tanggal: 02 April 2024
Yang menyatakan



(Reza Saputra)

ABSTRAK

Dalam menghadapi tuntutan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem monitoring konversi energi pada panel surya berbasis website. Penelitian ini bertujuan meningkatkan efisiensi penggunaan energi melalui desain dan implementasi sistem monitoring konversi energi pada panel surya berbasis website. Fokus penelitian adalah pengukuran arus, tegangan, dan daya panel surya sebagai sumber energi terbarukan. Sistem ini mengintegrasikan sensor presisi dan mentransfer data ke web server, memungkinkan akses real-time melalui antarmuka pengguna responsif. Metode pengukuran yang presisi memberikan gambaran akurat terhadap performa panel surya, mendukung pemantauan efektif produksi energi. Penelitian ini berhasil mengukur dan memonitor tegangan, arus, dan daya pada panel surya berbasis IoT. Sensor INA219, sensor tegangan, sensor suhu, dan mikrokontroler ESP8266 digunakan untuk mengumpulkan data yang dikirim ke web server Blynk IoT. Keberhasilan implementasi teknologi ini memungkinkan pemantauan dan analisis kinerja panel surya secara efektif. Temuan penelitian menyoroti fluktuasi produksi energi, memberikan pemahaman respons panel terhadap perubahan cahaya matahari. Analisis hubungan suhu lingkungan dengan efisiensi konversi energi memberikan kontribusi penting untuk pengelolaan suhu yang lebih baik. Antarmuka web server memberikan visualisasi data harian, mingguan, dan bulanan, memberikan wawasan mendalam terhadap kinerja sepanjang waktu.

Kata Kunci: Konversi Energi, *Web Server*, Sensor INA219, Efisiensi Energi

ABSTRACT

Reza Saputra, 198120025. "The Design of an Energy Conversion Monitoring System on a Website-Based Solar Panel". Supervised by Ir. Habib Satria, M.T., IPM.

In facing demands to increase the efficiency of energy use, this research aimed to design and build a website-based energy conversion monitoring system for solar panels. This research aimed to increase the efficiency of energy use by designing and implementing a website-based energy conversion monitoring system for solar panels. The research focused on measuring the current, voltage, and power of solar panels as a renewable energy source. The system integrates precision sensors and transmits data to a web server for real-time access through a responsive user interface. Precise measurement methods provide an accurate picture of solar panel performance, supporting effective monitoring of energy production. The research successfully measured and monitored the voltage, current and power of IoT-based solar panels. The INA219 sensor, voltage sensor, temperature sensor, and ESP8266 microcontroller were used to collect data that was sent to the Blynk IoT web server. The successful implementation of this technology enabled effective monitoring and analysis of solar panel performance. The research results highlighted fluctuations in energy production and provided insight into the panel's response to changes in sunlight. Analysis of the relationship between ambient temperature and energy conversion efficiency helped to improve temperature management. The server's web interface allowed visualization of daily, weekly and monthly data, providing deep insight into performance over time.

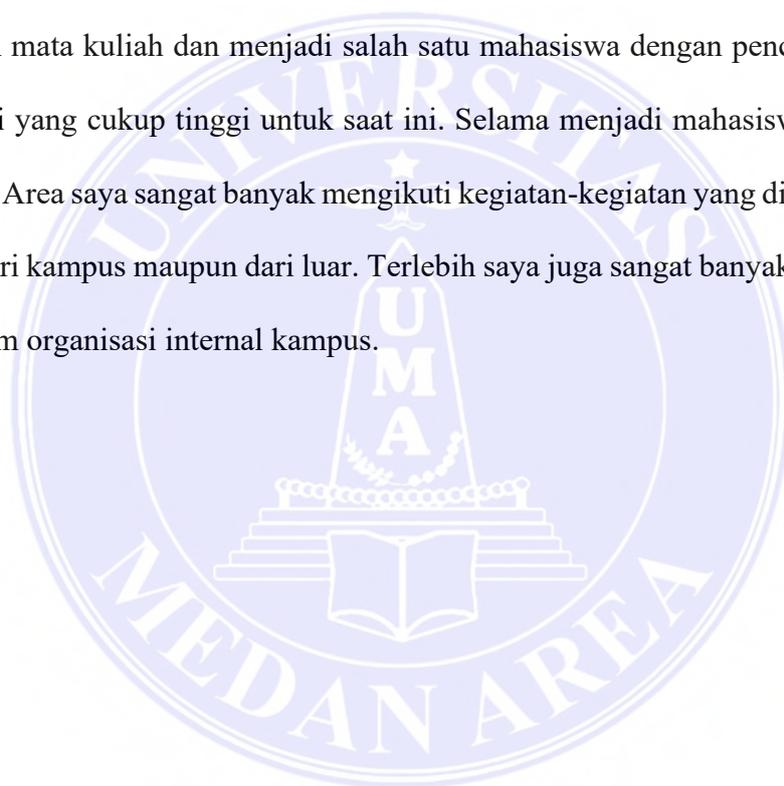
Keywords: Energy Conversion, Web Server, INA219 Sensor, Energy Efficiency



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 03 September 2001 dari ayah saya yang bernama Hasan dan Ibu saya Partinah. Penulis anak ke-4 dari 4 bersaudara. Tahun 2019 penulis lulus dari SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan dan pada tahun 2019 juga saya mendaftarkan diri sebagai calon mahasiswa baru fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro di Universitas Medan Area.

Saat ini saya sudah masuk semester delapan (9) dan sudah menyelesaikan seluruh mata kuliah dan menjadi salah satu mahasiswa dengan pencapaian indeks prestasi yang cukup tinggi untuk saat ini. Selama menjadi mahasiswa Universitas Medan Area saya sangat banyak mengikuti kegiatan-kegiatan yang diselenggarakan baik dari kampus maupun dari luar. Terlebih saya juga sangat banyak berkontribusi di dalam organisasi internal kampus.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan kasih dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi ini dengan judul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Konversi Energi Pada Panel Surya Berbasis Website". Proposal Skripsi ini disusun dengan awal penulis dalam rangka memenuhi persyaratan Pendidikan menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dalam proses penyelesaian proposal ini penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih yang setulusnya kepada yang terhormat:

1. Kedua orang tua dan kedua saudara penulis yang telah memberi dukungan berupa moril/spiritual dan material kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, Selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Eng. Suprianto, S.T., M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik.
4. Bapak Habib Satria, MT, IPM. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
5. Bapak Habib Satria, MT, IPM. Selaku Dosen Pembimbing I Untuk Tugas Akhir Ini Yang Memberikan Saran Dan Kritik Yang Membangun Dalam Penyusunan Tugas Akhir Ini.
6. Rekan-rekan penulis terkhususnya buat Himpunan Mahasiswa Elektro dan Teknik Elektro Angkatan 2019 yang telah memberikan banyak dukungan, motivasi, dan upaya dalam membantu menyelesaikan Proposal Skripsi ini.

Dalam penyusunan Proposal Skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk kesempurnaan dan kebaikan Proposal Skripsi.

Medan, 02 April 2024

Penulis,


Reza Saputra

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
Abstract.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II tinjauan pustaka	6
2.1 Solar Panel (Panel Surya).....	6
2.1.1 Monocrystalline (Mono-Crystalline).....	9
2.1.2 Polycrystalline (Poly-Crystalline).....	10
2.2 Solar Charge Controller (SCC).....	11
2.3 Wattmeter.....	12
2.4 Module XH-M603	13
2.5 NodeMcu.....	14
2.6 Website Blynk.Cloud	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan dan Penelitian.....	19
3.1.1 Waktu Penelitian.....	19
3.1.2 Tempat Penelitian.....	19

3.2	Peralatan dan Bahan.....	20
3.3	Langkah-langkah Penelitian	20
3.4	Diagram Blok Alat	22
3.5	Diagram Alir Sistem Cara Kerja Alat.....	23
3.6	Pembuatan Perangkat Keras	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Pengujian Sistem Energi Pada Panel Surya	26
4.2	Hasil Pengujian Sistem Monitoring Konversi Tegangan DC	27
4.2.1	Pengujian Nilai Pengukuran Sensor INA219	28
4.2.2	Pengujian Nilai Pengukuran Sensor Cahaya, suhu dan tegangan....	29
4.2.3	Pengujian Tampilan WEB SERVER.....	30
4.3	Pembahasan.....	32
4.4	Pembahasan Sistem Monitoring Konversi Tegangan DC Solar Panel..	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	35
5.2	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA		37
LAMPIRAN.....		39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Panel Surya	6
Gambar 2.2 efek sambungan fotovoltaik p-n.	8
Gambar 2.3 Sel Surya Monocrystalline	9
Gambar 2.4 Sel Surya Polycrystalline.....	11
Gambar 2.5 Solar Charge Controller.....	12
Gambar 2.6 Wattmeter Digital	12
Gambar 2.7 Module XH-M603	13
Gambar 2.8 ESP8266	15
Gambar 2.9 PIN out IC ESP8266.....	16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	22
Gambar 3.2 Diagram Blok Alat	23
Gambar 3.3 Diagram alir cara kerja alat	23
Gambar 3.4 Rangkaian panel surya dengan beban.....	24
Gambar 3.5 Rangkaian ESP8266 dengan sensor PZEM-017 dan sensor tegangan.....	24
Gambar 3.6 Rangkaian sensor dengan baterai dan beban	25
Gambar 4. 1 Perancangan dan Pengujian Panel Surya	26
Gambar 4. 2 Hasil Penguukuran Monitoring PLTS	27
Gambar 4. 3 Tampilan Web Server	30
Gambar 4. 4 Hasil Perancangan Hardware	32

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	19
Tabel 3.2 Alat dan Bahan	20
Tabel 4. 1 Tabel Pengujian Sensor INA	28



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi merupakan keperluan yang sangat esensial bagi semua makhluk hidup dalam menjalani kehidupan sehari-hari. Kebutuhan akan energi terbagi menjadi dua kategori utama, yakni Energi Terbarukan dan Energi Tak Terbarukan. Energi terbarukan adalah sumber daya alam yang tak terbatas dan tidak pernah habis, berbeda dengan energi tak terbarukan yang berasal dari fosil bumi yang memiliki usia berjuta-juta tahun. Secara kontras dengan energi terbarukan, jumlah energi tak terbarukan sangat terbatas dan akan habis jika terus-menerus digunakan secara berlebihan. Oleh karena itu, pemahaman akan pentingnya pemanfaatan energi terbarukan menjadi krusial dalam menjaga keseimbangan lingkungan. (Rahmat Hasrul, 2021).

Indonesia, sebagai salah satu negara beriklim tropis, menawarkan potensi besar dari energi matahari dengan kekuatan sinar matahari yang tinggi, mencapai insolasi harian rata-rata sekitar 4,5 - 4,8 KWh/m²/hari. Di dalam konteks ini, terdapat berbagai jenis energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan, dan salah satunya adalah energi matahari. Dalam upaya optimalisasi pemanfaatan energi matahari, diperlukan implementasi teknologi canggih seperti Photovoltaic atau Solar Panel, yang dapat memenuhi kebutuhan energi manusia. Dengan pendekatan yang tepat, energi dari matahari dapat berperan sebagai sumber energi alternatif yang efisien untuk menggantikan penggunaan sumber energi konvensional, seperti

energi fosil atau minyak bumi. Oleh karena itu, kesadaran akan potensi ini sangatlah penting dalam mencapai keberlanjutan energi. (Yuliananda, S., Sarya, G, 2015).

Pengawasan nilai perubahan Solar Panel dan pengendalian sistem baterai sangat bermanfaat untuk memantau efisiensi penggunaan energi pada Panel Surya, terutama dalam mendeteksi perubahan tegangan, arus, dan daya seiring dengan variasi intensitas cahaya matahari. Tujuan utama dari pengawasan konversi energi Solar Panel dan pengendalian sistem menggunakan Komputer adalah untuk mendapatkan wawasan yang lebih mendalam terkait kinerja yang dihasilkan oleh Panel Surya, yang dapat terlihat dalam berbagai aspek dan bentuk yang terhubung secara langsung ke baterai.

Di sisi lain, diperlukan sistem pengendalian pengisian baterai pada instalasi pembangkit listrik tenaga surya. Proses pengisian baterai yang berlangsung secara kontinu dan berlebihan berpotensi merusak sel kering baterai. Baterai memiliki peran krusial dalam pembangkit listrik tenaga surya, bertugas untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh Panel Surya. Oleh karena itu, menjaga agar pengisian baterai berjalan dengan efisien sangatlah penting, memastikan bahwa energi listrik yang disimpan dapat digunakan secara optimal, terutama pada malam hari.

Pada penelitian ini akan membuat “Rancang Bangun Sistem Monitoring Konversi Energi Pada Panel Surya Berbasis Website”. Penelitian ini akan melakukan monitoring pada panel surya selama beroperasi untuk menghasilkan energi listrik secara realtime berbasis website sehingga mempermudah dalam mengakuisisi data tegangan, arus, daya yang dihasilkan serta karakteristik output panel surya pada setiap kondisi (kondisi pagi, siang, mendung, dan cerah). Dengan

sistem ini mampu melakukan pembacaan data yang cepat sehingga pengukuran bisa sangat akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan di atas, topik yang akan dibahas dalam penulisan ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana Merancang Sistem monitoring pada PV (photovoltaic) berbasis Website.
2. Bagaimana melakukan pemantauan dan pengendalian besar tegangan yang masuk dan keluar melalui situs web?
3. Bagaimana menganalisis pemanfaatan perangkat konversi energi melalui pendekatan berbasis situs web?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian antara lain :

1. Mendapatkan pengetahuan dari seberapa besar energi yang dihasilkan oleh PV (photovoltaic) menggunakan website.
2. Mengetahui besar tegangan output pada PV (photoco Berbasis wbsite.
3. Menganalisa maksimum dan minimum yang dihasilkan PV (photovoltaic) Melalui Website.

1.4 Batasan Masalah

Yang menjadi Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini hanya mengukur tegangan, arus, dan daya pada PV (photovoltaic) berkapasitas 100 WP.

2. Penelitian ini hanya menggunakan Lampu 12VDC sebagai Beban.
3. Penelitian ini hanya memonitoring tegangan, arus, daya menggunakan website

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu dengan melibatkan aspek-aspek berikut

1. Pengalaman praktis dalam analisis data dan pemahaman hubungan antar data yang terkumpul.
2. Pemahaman mengenai hasil keluaran PV pada tingkat konversi energi maksimum dan minimum yang dihasilkan.
3. Peningkatan pemahaman terhadap pemanfaatan sumber energi matahari melalui peningkatan wawasan pengetahuan."

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan ini terbentuk dari sejumlah bab yang memuat susunan secara umum, kemudian diperinci lagi menjadi sub-sub yang akan memberikan penjelasan dan deskripsi yang lebih rinci mengenai masalah. Secara keseluruhan, pembahasan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini mencakup pendahuluan pembuatan laporan, perumusan masalah, batasan permasalahan, tujuan penulisan, manfaat penulisan, metodologi penulisan, dan tata cara penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mengandung dasar teori yang mencakup konsep dasar dalam penyusunan alat dan laporan, bertujuan agar menghasilkan karya yang memiliki nilai ilmiah dan daya guna

BAB III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini merinci dengan jelas langkah-langkah yang diambil oleh penulis untuk merancang, melaksanakan, dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan teliti, serta menggambarkan proses penelitian secara komprehensif

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini mencakup proses pengukuran dan pengujian sistem yang telah direncanakan, disertai dengan analisis terperinci terhadap alat yang telah dibuat. Dengan demikian, dapat diperoleh pemahaman menyeluruh mengenai performa dan karakteristik alat yang dihasilkan

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merangkum simpulan dan memberikan saran sebagai usaha untuk perbaikan di masa depan terkait pembuatan alat dan penyusunan laporan. Dengan demikian, diharapkan dapat memberikan panduan yang lebih baik untuk peningkatan kualitas dan efisiensi di proyek-proyek mendatang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Solar Panel (Panel Surya)

Panel surya menjadi perangkat utama dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya, yang berperan krusial dalam mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. Kapasitas daya yang dihasilkan dari proses konversi ini sangat dipengaruhi oleh berbagai kondisi lingkungan sekitar panel surya, termasuk intensitas cahaya matahari, suhu, arah datangnya sinar matahari, dan spektrum cahaya matahari yang terpancar. Faktor-faktor ini bersama-sama menentukan efisiensi dan kinerja keseluruhan panel surya (Muhammad Rizal Fachri, Ira Devi Sara, dan Yuwaldi Away,2015).



Gambar 2.1 Panel Surya

Sumber : <https://blue.kumparan.com>

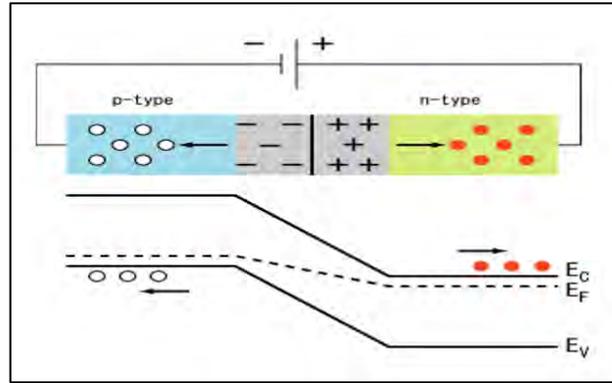
Photovoltaic, yang lebih dikenal sebagai Panel Surya, merupakan perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi matahari menjadi listrik, dengan menghasilkan arus DC dan tegangan DC. Perangkat Photovoltaic pada umumnya terdiri dari sel surya, yang terbentuk oleh dua lapisan semikonduktor dengan polaritas yang saling berlawanan. Satu lapisan memiliki polaritas positif

(tipe-p), sementara lapisan lainnya memiliki polaritas negatif (tipe-n). Ketika dua lapisan semikonduktor tersebut berada secara independen, mereka menunjukkan netralitas listrik, namun saat terpapar sinar matahari, terjadi pemisahan muatan yang menciptakan arus listrik

Pada titik pertemuan p-n, terjadi perpindahan elektron dari lapisan semikonduktor tipe-n ke lapisan semikonduktor tipe-p melalui proses difusi. Akibatnya, terbentuk daerah muatan negatif di sekitar batas semikonduktor tipe-p. Sejalan dengan itu, zona muatan positif juga terbentuk di sekitar batas di sisi semikonduktor tipe-n. Tingkah laku pergerakan muatan ini menciptakan zona muatan ruang dan membentuk medan listrik internal yang terbangun, dengan arah menunjuk dari semikonduktor tipe-n ke semikonduktor tipe-p.

Zona muatan ruang juga diilustrasikan sebagai wilayah penipisan, yang pada akhirnya dapat menghambat difusi muatan lebih lanjut di antarmuka. Prinsip dasar dari panel surya melibatkan adanya koneksi p-n, yang memiliki fungsi serupa dengan diode. Ketika permukaan perangkat panel surya terkena sinar matahari, energi dari sinar tersebut akan diserap oleh elektron di koneksi p-n untuk bermigrasi dari bagian diode yang berpolaritas positif ke bagian yang berpolaritas negatif. Selanjutnya, aliran elektron ini akan mengalir keluar melalui kabel yang terhubung ke perangkat panel surya.

Selain itu, perlu diperhatikan bahwa kondisi penipisan di zona muatan ruang dapat memengaruhi kinerja keseluruhan dari panel surya. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam terkait dengan fenomena ini dapat membantu dalam mengoptimalkan efisiensi dan daya hasil dari panel surya. Dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini :



Gambar 2.2 efek sambungan fotovoltaiik p-n.

(Sumber: <https://upload.wikimedia.org>)

Apabila dua lapisan semikonduktor berdiri secara terpisah, keduanya menunjukkan keadaan netralitas listrik. Namun, ketika keduanya bersatu dengan kontak yang rapat, terbentuklah persimpangan p-n. Pada efek persimpangan p-n di antarmuka kontak, terjadi difusi elektron dari lapisan semikonduktor tipe-n ke lapisan semikonduktor tipe-p. Sebagai akibatnya, wilayah muatan negatif muncul di sekitar batas semikonduktor tipe-p.

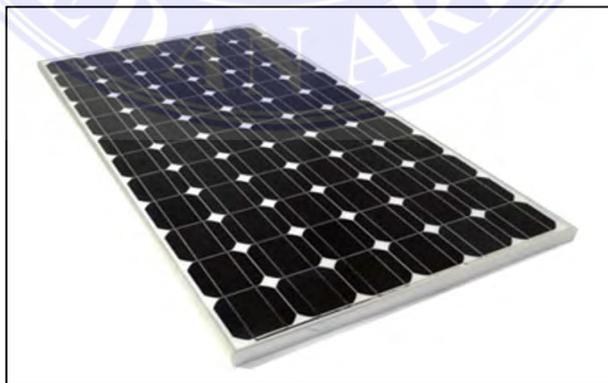
Penting untuk dicatat bahwa peristiwa ini memainkan peran sentral dalam menggambarkan mekanisme konversi energi pada panel surya. Pemahaman mendalam mengenai interaksi antara lapisan semikonduktor pada persimpangan p-n dan proses difusi elektron sangat relevan untuk mengoptimalkan kinerja keseluruhan panel surya dalam menghasilkan energi listrik dari sinar matahari.

Sama halnya, zona muatan positif terbentuk di sekitar batas pada sisi semikonduktor tipe-n. Proses difusi muatan ini menghasilkan zona muatan ruang dan membentuk medan listrik internal yang mendasar, dengan arah yang mengarah dari semikonduktor tipe-n ke semikonduktor tipe-p. Wilayah muatan ruang juga dapat diilustrasikan sebagai wilayah penipisan, yang akhirnya dapat menjadi penghalang bagi pergerakan difusi muatan lebih lanjut pada antarmuka. Konsep

muatan ruang ini memiliki implikasi penting dalam memahami karakteristik kritis dari persimpangan p-n pada panel surya. Pemahaman mendalam terkait dengan zona penipisan ini dapat membuka wawasan baru untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja keseluruhan dari panel surya.

Sama halnya, zona muatan positif terbentuk di sekitar batas pada sisi semikonduktor tipe-n. Proses difusi muatan ini menghasilkan zona muatan ruang dan membentuk medan listrik internal yang mendasar, dengan arah yang mengarah dari semikonduktor tipe-n ke semikonduktor tipe-p. Wilayah muatan ruang juga dapat diilustrasikan sebagai wilayah penipisan, yang akhirnya dapat menjadi penghalang bagi pergerakan difusi muatan lebih lanjut pada antarmuka. Konsep muatan ruang ini memiliki implikasi penting dalam memahami karakteristik kritis dari persimpangan p-n pada panel surya. Pemahaman mendalam terkait dengan zona penipisan ini dapat membuka wawasan baru untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja keseluruhan dari panel surya (L. Zhao, D. Luo, and R. Zhu, 2018)

2.1.1 Monocrystalline (Mono-Crystalline)



Gambar 2.3 Sel Surya Monocrystalline

(Sumber:<https://tenagasuryadotblog.files.wordpress.com>)

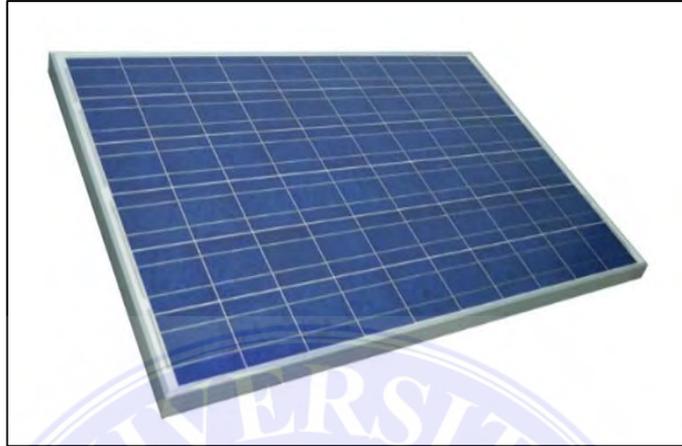
Sel surya berbasis batu mulia tunggal atau monokristalin diproduksi menggunakan silicon permata tunggal melalui proses interaksi yang dikenal sebagai Czochralski, dan penyempurnaan material diselesaikan melalui siklus kristalisasi. Dalam pengembangan batu mulia tunggal ini, diperlukan perhatian khusus dalam bentuk proses 'rekristalisasi', yang membuat sel surya ini menjadi lebih mahal dan memerlukan berbagai perawatan, mirip dengan perawatan obat-obatan.

Panel surya monokristalin ini dapat mencapai efisiensi sekitar 14-17%. Namun, kekurangan dari panel surya monokristalin ini adalah efisiensinya cenderung menurun ketika cuaca menjadi berawan. Pengembangan dan produksi panel surya monokristalin memerlukan perhatian ekstra dan biaya tambahan akibat proses rekristalisasi yang diperlukan. Meskipun memiliki tingkat efisiensi yang tinggi, kelemahan utama dari panel surya monokristalin adalah performanya yang dapat menurun pada kondisi cuaca yang kurang bersahabat, seperti cuaca berawan (Suwarti, Wahyono, Budhi Prasetyo, 2018)

2.1.2 Polycrystalline (Poly-Crytalline)

Sel surya berbasis silicon Polycrystalline, atau yang dikenal sebagai silicon Polycrystalline, memiliki susunan kristal yang bersifat acak. Tipe Polycrystalline ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis Monocrystalline agar dapat menghasilkan daya energi listrik yang setara. Meskipun demikian, kelebihan dari jenis Polycrystalline ini terletak pada kemampuannya untuk menghasilkan listrik bahkan pada saat cuaca berawan. Panel surya Polycrystalline ini memiliki efisiensi yang berkisar antara 11,5-14%. Penggunaan sel surya Polycrystalline dapat menjadi pilihan yang lebih hemat biaya, terutama jika memperhitungkan keunggulan dalam menghasilkan listrik di bawah kondisi

cuaca yang kurang ideal, seperti cuaca berawan (Suwarti, Wahyono, Budhi Prasetyo, 2018).



Gambar 2.4 Sel Surya Polycrystalline

(Sumber: <https://www.len.co.id>)

2.2 Solar Charge Controller (SCC)

Kontroler Pengisian Surya adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengelola arus searah (DC) yang masuk ke baterai serta mengalir dari baterai ke beban. Kontroler pengisian surya berfungsi untuk mengatur agar tidak terjadi pengisian berlebih dan tegangan yang melebihi batas dari panel surya. Kontroler Pengisian Surya menggunakan teknologi modulasi lebar pulsa (PWM) untuk mengatur proses pengisian baterai dan pelepasan arus dari baterai ke beban. Peran utama dari Kontroler Pengisian Surya adalah melindungi dan mengotomatiskan proses pengisian baterai dengan tujuan mengoptimalkan sistem dan memastikan umur pemakaian baterai tetap optimal.

Selain itu, Kontroler Pengisian Surya juga berperan penting dalam menjaga agar tidak terjadi overcharging dan menjaga agar tegangan yang diberikan ke

baterai serta beban tetap dalam rentang yang aman. Dengan demikian, penggunaan Kontroler Pengisian Surya tidak hanya meningkatkan efisiensi pengisian baterai tetapi juga memperpanjang masa pakai baterai pada sistem pembangkit listrik tenaga surya melalui baterai.



Gambar 2.5 Solar Charge Controller

(Sumber: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>)

Pemantauan suhu pada kontroler pengisian biasanya terdiri dari satu input (dua terminal) yang terhubung dengan output panel sel surya, satu output (dua terminal) yang terkoneksi dengan baterai atau aki, dan satu output lagi (dua terminal) yang terhubung dengan beban. (Mukhamad Khumaidi Usman, 2020)

2.3 Wattmeter

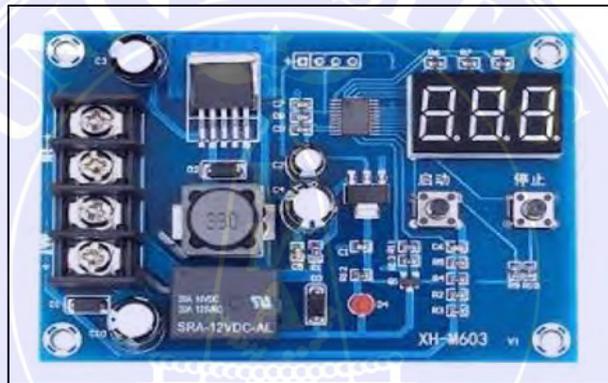


Gambar 2.6 Wattmeter Digital

(Sumber : <https://suneducationgroup.com>)

Pengukur Watt, atau yang dikenal sebagai wattmeter, adalah perangkat pengukur daya listrik yang memberikan pembacaan dalam satuan watt, merupakan gabungan dari voltmeter dan amperemeter. Wattmeter pada dasarnya merupakan kombinasi dua perangkat pengukur, yakni amperemeter dan voltmeter, yang berfungsi untuk mengukur secara langsung daya yang digunakan dalam suatu rangkaian listrik. (Togar Timoteus Gultom, 2022).

2.4 Module XH-M603



Gambar 2.7 Module XH-M603

(Sumber: <https://www.zoodmall.uz>)

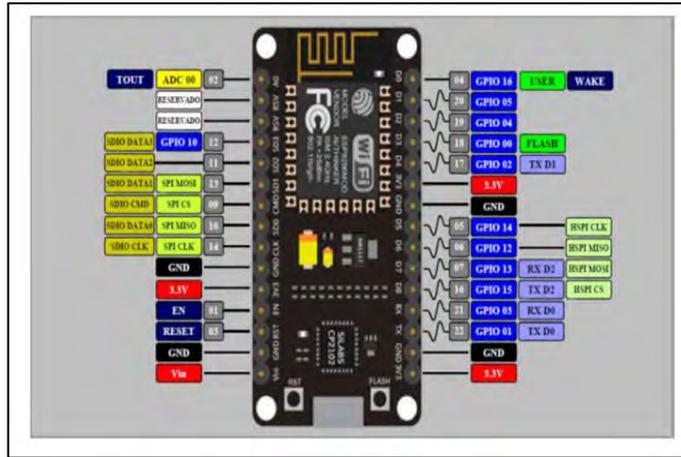
XH-M603 merupakan modul kontrol PCB yang dirancang untuk mengisi baterai berbagai jenis, termasuk baterai lithium, asam timbal, nikel-kadmium, nikel-logam hidrida, lithium-ion, dan polimer. Modul ini dirancang khusus untuk mengisi baterai lithium dengan menggunakan fungsi pengisian baterai yang terdapat dalam modul ini. Selain itu, modul ini juga dapat digunakan untuk pengisian baterai dari panel surya.

2.5 NodeMcu

NodeMCU merupakan papan pengembangan untuk Internet of Things (IoT) yang menggunakan Firmware eLua dan System on a Chip (SoC) ESP8266-12E. ESP8266 adalah chip wifi dengan protocol stack TCP/IP yang lengkap. NodeMCU dapat dianggap sebagai versi papan pengembangan yang didesain untuk memudahkan penggunaan ESP8266, mirip dengan peran Arduino bagi mikrokontroler lainnya. Program ESP8266 membutuhkan beberapa teknik pengkabelan dan modul tambahan USB to serial untuk mengunduh program. Namun, NodeMCU telah menyatukan ESP8266 ke dalam satu papan yang kompak, dilengkapi dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler, termasuk kemampuan akses wifi dan chip komunikasi USB to serial. Dengan demikian, untuk memprogram NodeMCU, hanya diperlukan ekstensi kabel data USB yang umumnya digunakan pada pengisian baterai smartphone. (Yanto, 2019)

Koneksi wifi digunakan untuk menghubungkan perangkat Android dengan subsistem pencatat data. Modul NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai sarana untuk menciptakan konektivitas wifi ini. Aplikasi di perangkat Android mengirimkan perintah yang kemudian diterima oleh subsistem pencatat data melalui modul NodeMCU ESP8266. Selanjutnya, subsistem pencatat data akan mengirimkan data yang diminta kembali ke aplikasi Android. Proses komunikasi ini terjadi ketika subsistem pencatat data terhubung dengan aplikasi Android melalui modul NodeMCU ESP8266. (Dewi, 2019).

Adapun proses dari pengiriman data input dan output yang dilaksanakan secara real-time, di mana hasil bacaan sensor suhu dan kelembapan secara langsung dikirimkan ke aplikasi Android.



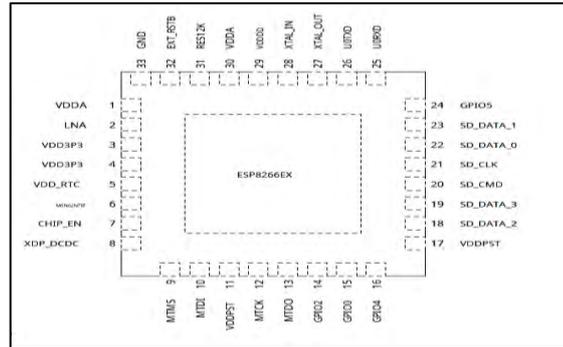
Gambar 2.8 ESP8266

(Sumber: https://www.researchgate.net/figure/ESP8266NodeMCU-pinout_fig1_332100581)

Gambar di atas merupakan kaki pin NodeMcu, yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. 10 port pin GPIO
2. Fungsionalitas PWM
3. Antarmuka I2C dan SPI
4. Antarmuka 1 Wire
5. ADC

Ragam fungsi terkait pemrograman SPI dapat dimanfaatkan baik di NodeMCU maupun Arduino, asalkan file header yang disebut "SPI.h" dimasukkan dalam kode program pada NodeMCU dan Arduino. (Dutta, 2021).



Gambar 2.9 PIN out IC ESP8266

(Sumber :<https://www.alldatasheet.com>)

NodeMCU ESP8266 memiliki sejumlah pin yang memainkan peran penting dalam fungsionalitas dan konektivitasnya. Pertama, terdapat pin VCC dan GND yang digunakan untuk memberikan daya dan menghubungkan ke ground, secara berturut-turut. Pin Vin dapat digunakan sebagai sumber daya eksternal. Pin EN (Enable) digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan modul secara keseluruhan. Pin RST (Reset) dapat digunakan untuk me-reset NodeMCU. Pin D0 hingga D8 digunakan sebagai pin input/output umum, sedangkan pin D5 digunakan sebagai pin GPIO untuk pengaturan SPI. Selanjutnya, terdapat pin A0 yang dapat digunakan sebagai pin analog input. NodeMCU ESP8266 juga dilengkapi dengan pin TX dan RX untuk komunikasi serial, dan pin SDA dan SCL untuk koneksi I2C. Terakhir, pin GPIO16 memiliki fungsi khusus sebagai wake-up dari mode deep sleep. Pengetahuan rinci mengenai penggunaan masing-masing pin ini penting untuk mengoptimalkan desain dan implementasi proyek berbasis NodeMCU ESP8266.

ESP8266 beroperasi dengan standar tegangan JEDEC, yaitu tegangan kerja sebesar 3.3V, berbeda dengan sebagian besar mikrokontroler AVR dan board Arduino yang menggunakan tegangan TTL 5V. Meskipun NodeMCU dapat

dihubungkan dengan sumber daya 5V melalui port micro USB atau pin Vin yang disediakan oleh board-nya, penting untuk diingat bahwa seluruh pin pada ESP8266 tidak mendukung masukan tegangan sebesar 5V. Oleh karena itu, penggunaan sumber daya 3.3V disarankan untuk menjaga kompatibilitas dan mencegah potensi kerusakan pada NodeMCU. Meski demikian, kemampuan NodeMCU untuk beroperasi dengan sumber daya 5V memberikan fleksibilitas tambahan, namun harus diperhatikan batasan toleransi tegangan pada setiap pin untuk mencegah masalah potensial.

2.6 Website Blynk.Cloud

Blynk merupakan platform pengembangan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk proyek IoT dengan memudahkan pengguna dalam membuat aplikasi dan menghubungkannya dengan perangkat keras secara mudah dan cepat. Blynk menyediakan antarmuka pengguna yang intuitif dan dapat diakses melalui perangkat mobile.

Blynk.cloud memainkan peran sentral dalam perancangan alat konversi energi listrik panel surya berbasis IoT untuk memonitor nilai-nilai yang berkaitan dengan energi surya. Dengan menggunakan Blynk.cloud, pengguna dapat dengan mudah membuat dan mengelola antarmuka pengguna yang terhubung dengan perangkat IoT mereka.

Pertama-tama, Blynk.cloud memungkinkan integrasi yang lancar antara alat konversi energi listrik dan platform IoT. Pengguna dapat memonitor nilai-nilai kritis seperti tegangan, arus, daya yang dihasilkan oleh panel surya, dan parameter lainnya secara real-time. Melalui antarmuka Blynk yang ramah pengguna, informasi ini dapat diakses dari jarak jauh melalui aplikasi mobile atau web

browser, memungkinkan pengguna untuk memantau kinerja panel surya tanpa harus berada di lokasi fisik.

Selain itu, Blynk.cloud menyediakan fitur logging data yang memungkinkan pengguna menyimpan catatan historis tentang performa panel surya. Hal ini memudahkan analisis jangka panjang, pemantauan tren, dan evaluasi kinerja secara menyeluruh. Keamanan dan keandalan juga menjadi perhatian utama dalam implementasi Blynk.cloud, sehingga pengguna dapat memantau dan mengelola perangkat mereka dengan aman. Dengan begitu, Blynk.cloud tidak hanya menyederhanakan pemantauan nilai-nilai dari panel surya, tetapi juga memberikan akses yang aman dan terpercaya, membantu meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem konversi energi listrik panel surya berbasis IoT.

Selain itu, integrasi Blynk.cloud pada perancangan alat konversi energi listrik panel surya berbasis IoT membawa keuntungan dalam hal otomatisasi dan kontrol jarak jauh. Pengguna dapat mengonfigurasi perangkat mereka untuk merespon kondisi tertentu atau melakukan tindakan tertentu berdasarkan data yang terkumpul. Misalnya, jika tingkat energi yang dihasilkan oleh panel surya mencapai batas tertentu, pengguna dapat mengatur sistem untuk mengirim pemberitahuan atau bahkan mengaktifkan perangkat lain yang terhubung, seperti penyimpanan energi atau perangkat yang menggunakan energi tersebut.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan dan Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Waktu yang diperlukan untuk menjalankan penelitian ini memakan waktu sekitar tiga bulan. Keterangan ini dapat diidentifikasi melalui data yang tercantum pada Tabel 3.1 yang telah disediakan. Proses penelitian ini dirancang untuk mencakup rentang waktu tersebut guna memastikan keakuratan dan ketelitian dalam pengumpulan serta analisis data.

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan Penelitian	BULAN											
		Bulan I				Bulan II				Bulan III			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■	■	■								
2	Perancangan dan desain alat		■	■	■								
3	Mempersiapkan alat dan bahan			■	■	■	■	■	■				
4	Pembuatan alat							■	■				
5	Pengujian alat							■	■	■	■	■	■
6	Pengambilan data									■	■	■	■
7	Penyusunan laporan									■	■	■	■

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian Rancang Bangun Sistem Monitoring Konversi Energi Pada Panel Surya Berbasis Website akan dilakukan di :

- Nama Tempat : CV. ANGKASA MOBIE TECH
- Alamat : Jl. pertiwi, gang pembangunan no.8 B, Kota. Medan.

3.2 Peralatan dan Bahan

Berikut ini merupakan daftar alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan serta desain rangkaian alat pada penelitian ini. Pemilihan alat dan bahan ini telah disesuaikan dengan kebutuhan eksperimen guna memastikan kelancaran dan keberhasilan setiap tahap penelitian.

Tabel 3.2 Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Unit	Spesifikasi
1	Panel Surya	1 Unit	100 Wp
2	Solar Charge Controller	1 Unit	PWM 12 / 24 V 30 A
3	Baterai	1 Unit	12 VDC 5Ah
4	Bohlam DC	1 Unit	12 V/5 Watt
5	Modul Pzem-017	1 Unit	300 V, 100 A

3.3 Langkah-langkah Penelitian

Gunakan langkah-langkah kegiatan berikut ini untuk mencapai hasil penelitian yang diinginkan:

1. Melakukan telaah literatur guna merinci referensi yang mendukung Studi Kasus, termasuk jurnal internasional, indeks nasional, makalah penelitian, buku acuan, dan sumber-sumber di internet. Daftar lengkap literatur tertera pada daftar kepustakaan.
2. Melakukan perancangan dan desain alat Rancang Bangun Sistem Monitoring Konversi Energi Pada Panel Surya Berbasis Website.
3. Mempersiapkan alat dan bahan
4. Pembuatan alat
 - Rangkaian panel surya dengan beban

- Rangkaian esp8266 dengan sensor PZEM-017 dan sensor tegangan
- Rangkaian sensor dengan baterai dan beban

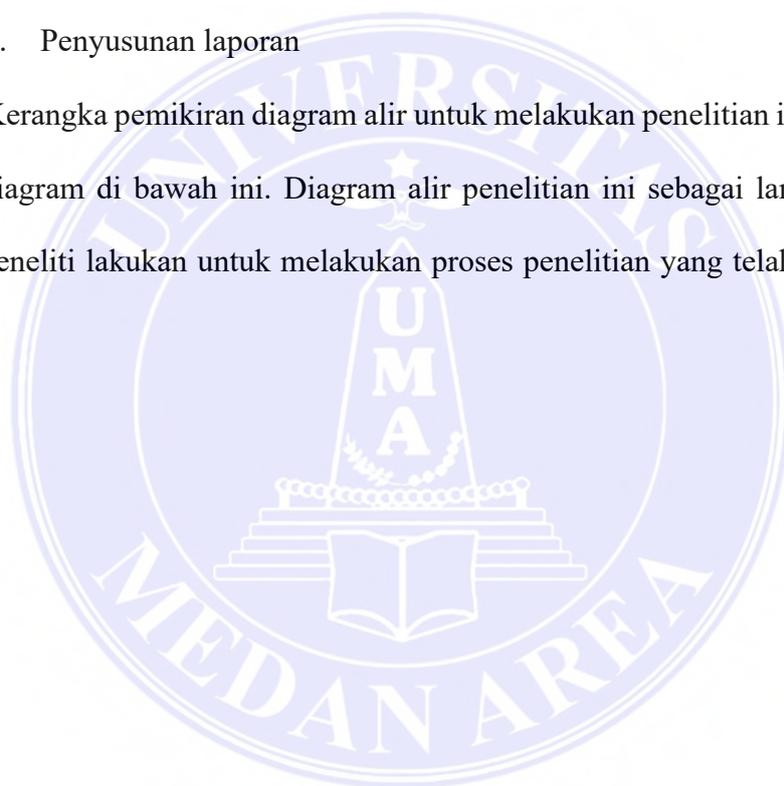
5. Pengujian alat

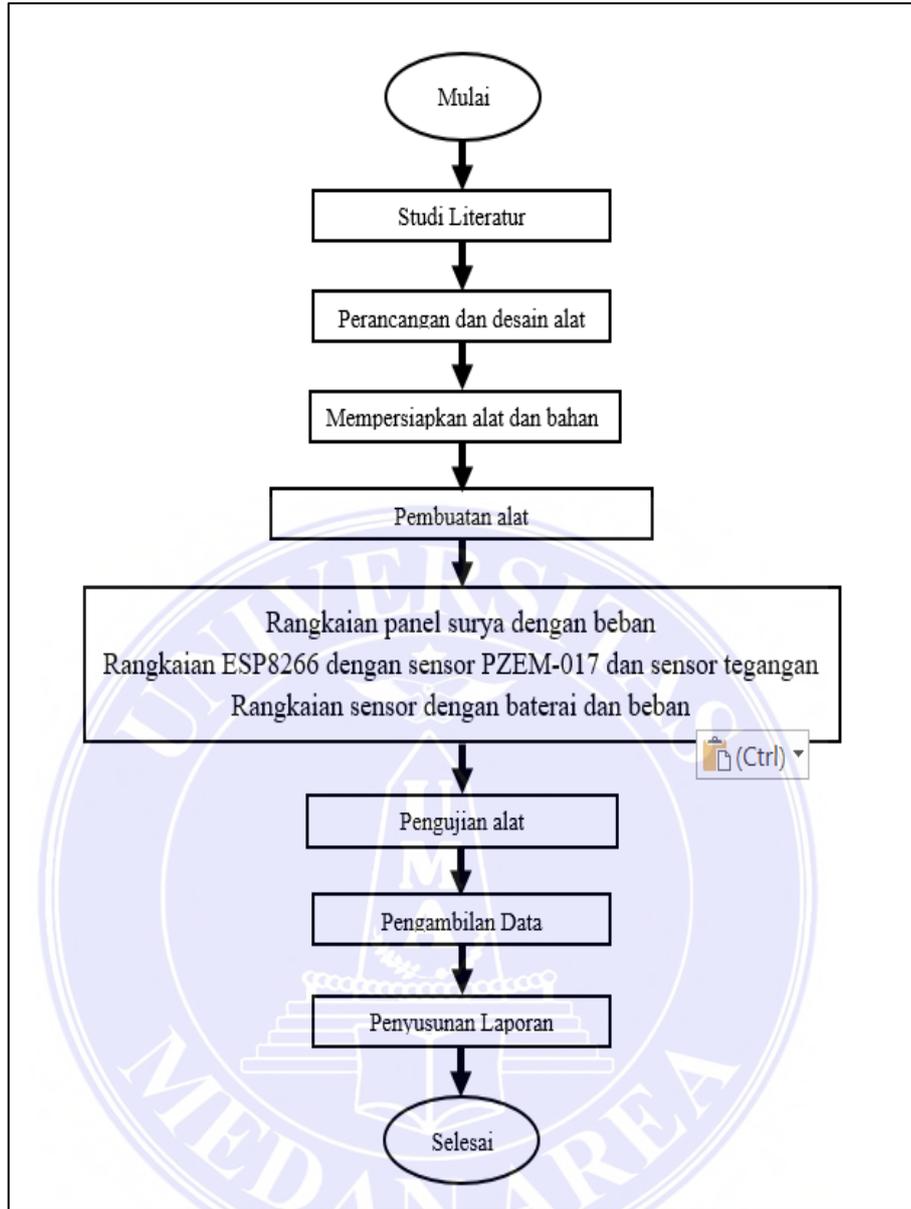
6. Pengambilan data

Pengambilan data seperti arus, tegangan, dan juga parameter daya solar sell fleksibel. Data kemudian dikumpulkan berupa tegangan DC, arus DC, dan Daya DC.

7. Penyusunan laporan

Kerangka pemikiran diagram alir untuk melakukan penelitian ini ditunjukkan pada diagram di bawah ini. Diagram alir penelitian ini sebagai langkah-langkah yang peneliti lakukan untuk melakukan proses penelitian yang telah dijelaskan di atas.

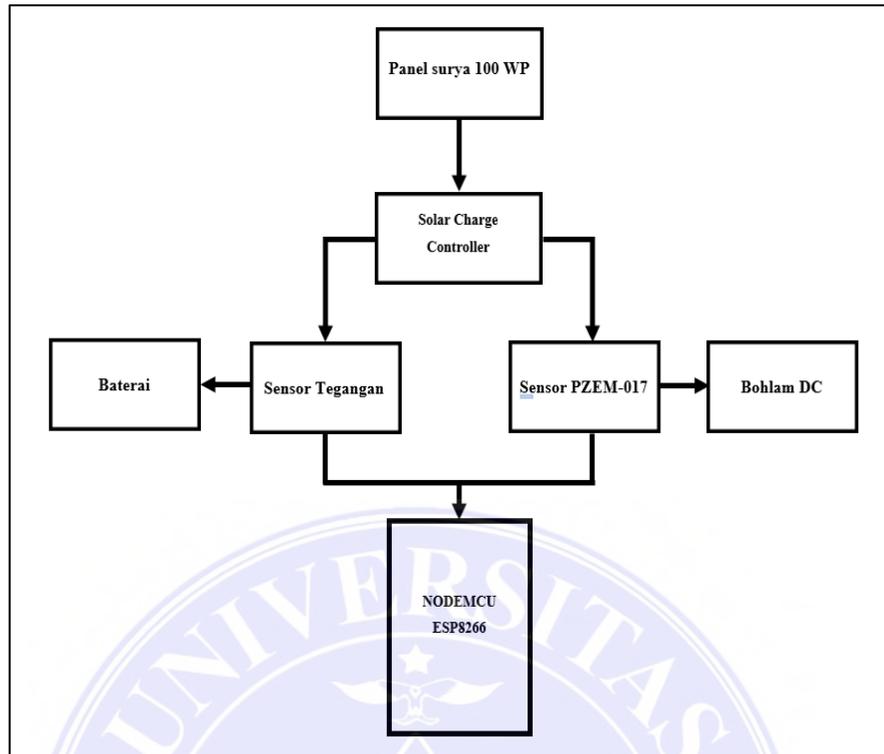




Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.4 Diagram Blok Alat

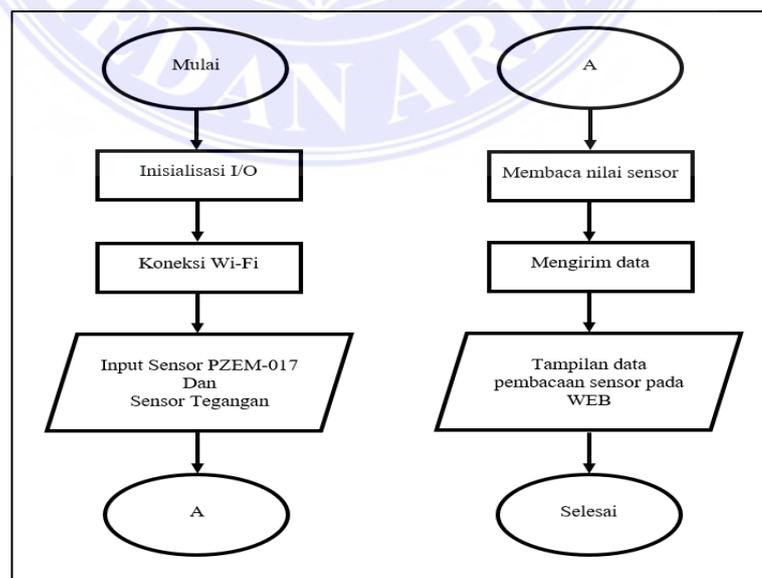
Untuk memudahkan pemahaman tentang koneksi dan mekanisme, interaksi antara sistem yang dirancang digambarkan dalam bentuk diagram blok alat sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram Blok Alat

3.5 Diagram Alir Sistem Cara Kerja Alat

Dalam memudahkan pemahaman cara kerja alat, maka diagram alir ini dibuat untuk mempermudah memahami cara kerja alat secara sistematis.

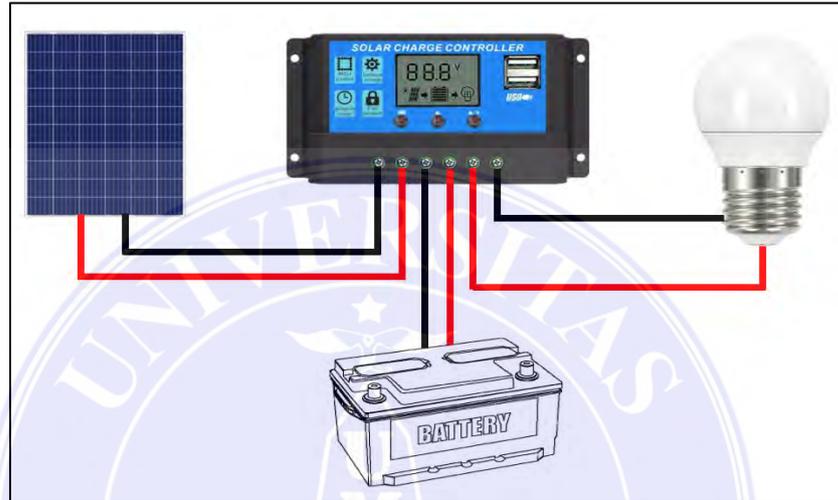


Gambar 3.3 Diagram alir cara kerja alat

3.6 Pembuatan Perangkat Keras

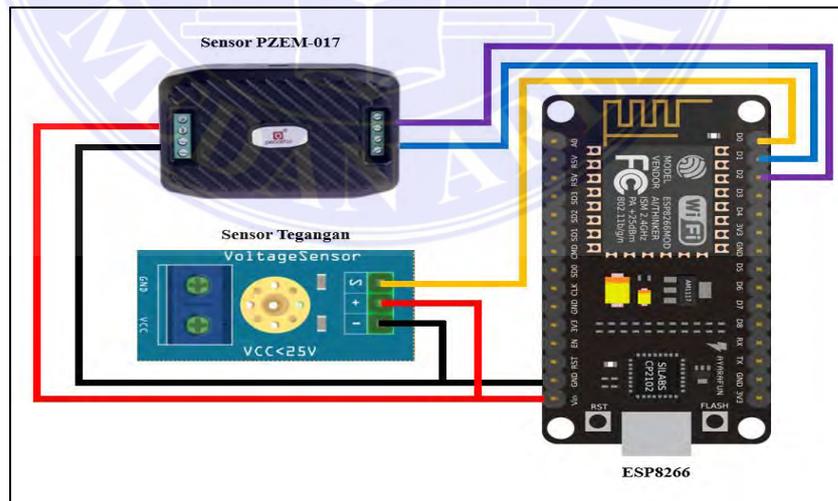
Tahapan ini merupakan proses pembuatan alat perangkat keras. Sistem yang dibuat ada seperti yang dijelaskan dalam diagram alir penelitian di atas. Kemudian, saya akan menjelaskan cara membuat masing-masing sistem di bawah ini.

1. Rangkaian panel surya dengan beban



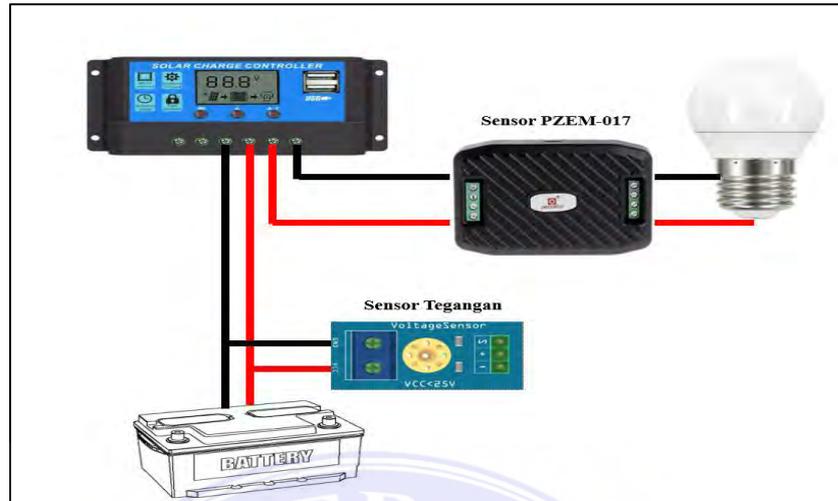
Gambar 3.4 Rangkaian panel surya dengan beban

2. Rangkaian ESP8266 dengan sensor PZEM-017 dan sensor tegangan



Gambar 3.5 Rangkaian ESP8266 dengan sensor PZEM-017 dan sensor tegangan

3. Rangkaian sensor dengan baterai dan beban



Gambar 3.6 Rangkaian sensor dengan baterai dan beban

Dari gambar diatas, merupakan rangkaian wiring yang digunakan dalam penelitian ini. Dapat dilihat komponen yang digunakan yaitu Solar Charge Control sebagai pembacaan nilai tegangan secara akurat. Selain itu terdapat baterai AKI sebagai sumber listrik yang berfungsi untuk menyuplai tegangan pada beban dan mikrokontroler. Selanjutnya terdapat sensor INA219 yang digunakan untuk mengukur nilai tegangan pada beban.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari pembahasan yang tentunya sudah, dijelaskan diatas maka penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil dari Perancangan Konversi Energi Solar Panel berbasis Web ini dapat dikatakan bahwa penggunaan mikrokontroler ESP8266 NodeMCU V3 sebagai pusat pengendalian pada sistem monitoring panel surya memungkinkan integrasi yang efisien dengan sensor INA219 dan komunikasi dengan jaringan internet.
2. Hasil Penelitian dapat dijelaskan bahwa Proses pengujian dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran sensor INA219 dengan multimeter, mengidentifikasi galat pembacaan, dan memastikan akurasi pembacaan sensor.
3. Proses kinerja sistem melibatkan pengiriman data hasil pengukuran sensor ke situs web Thingspeak dan perangkat Android melalui jaringan internet. Konsistensi data antara mikrokontroler, halaman web, dan aplikasi Android sangat penting untuk memastikan hasil monitoring yang akurat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, peneliti mengajukan beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut kedepannya, yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi keterbatasan alat ukur, meningkatkan akurasi pengukuran, dan mengoptimalkan efisiensi energi dari panel surya.
2. Lanjutkan pengembangan antarmuka pengguna pada situs web dan aplikasi Android untuk memberikan pemantauan yang lebih informatif dan mudah dipahami.
3. Pastikan ketersediaan dan kestabilan koneksi internet pada mikrokontroler untuk menjaga kelancaran pengiriman data ke situs web Firebase dan perangkat Android.

DAFTAR PUSTAKA

- A. . Rois, N. Gunawan, and B. Chayun, "Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur," *Tek. Pomits*, pp. 1–8, 2016.
- A. Abdillah, Luthfi, "Perbandingan Intensitas Cahaya Laptop Terhadap Jarak Pandang Dan Ukuran Berbagai Jenis Laptop," 2014, [Online]. Available: repositori.uin-alauddin.ac.id/7567/1/A.LutfiAbdillah.pdf
- A. F. Haykal, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Sistem Monitor Performance Panel Surya Secara Real Time Berbasis Iot," 2021.
- B. Budiyanto and H. Setiawan, "Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal Dengan Panel Surya Fleksibel Pada Jenis Monocrystalline," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 4, no. 1, p. 77, 2021, doi: 10.24853/resistor.4.1.77-86.
- B. H. Purwoto, Jatmiko, M. A. F, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber," *Emitor*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, [Online]. Available: <https://journals.ums.ac.id/index.php/emitor/article/view/6251>.
- I. A. Abdullah Mubarak 'Aafi, Jamaaluddin Jamaaluddin, "Implementasi Sensor Pzem-017 Untuk Monitoring Arus, Tegangan dan Daya Pada Instalasi Panel Surya dengan Sistem Data Logger Menggunakan Google Spreadsheet dan Smartphone," pp. 191–196, 2022.
- L. Zhao, D. Luo, and R. Zhu, "Flexible Photovoltaic Systems," *Flex. Stretchable Med. Devices*, pp. 105–137, 2018, doi: 10.1002/9783527804856.ch5.
- M. Khumaidi Usman, "Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya," *J. Polekro J. Power Elektron.*, vol. 9, no. 2, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.poltektegal.ac.id/powerelektron>
- M. Y. Puriza, W. Yandi, and A. Asmar, "Perbandingan Efisiensi Konversi Energi Panel Surya Tipe Polycrystalline dengan Panel Surya Monocrystalline Berbasis Arduino di Kota Pangkalpinang," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 47–52, Apr. 2021, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v8i1.2034.
- Pasangpanelsurya (2021), Mengenal Panel Surya Fleksibel, Bisa Ditekuk dan Digulung. Available at: <https://pasangpanelsurya.com/mengenal-panel-surya-fleksibel/> (Accessed: 10 October 2022).
- R. Hasrul *et al.*, "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif," vol. 5, no. 9, pp. 79–87, 2021.

- Solarduino (2020) PZEM-017 DC Energy Meter with Arduino. Available at: <https://solarduino.com/pzem-017-dc-energy-meter-with-arduino/> (Accessed: 15 May 2022)
- Stevens, L. (2021) Modul Antarmuka MAX485 TTL ke RS-485. Available at: <https://protosupplies.com/product/max485-ttl-to-rs-485-interface-module/> (Accessed: 15 May 2022).
- T. T. Gultom, S. Immanuel, J. Gatot, S. No, M. Petisah, and K. Medan, "Monitoring Watt Meter Bebas Arduino," vol. 4, no. 2, pp. 109–115, 2022.
- Yuliananda, S., Sarya, G., Teknik, F., & Teknik, F. (2015). Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya. 01(02), 193–202.



LAMPIRAN



