



LAPORAN AKHIR PROYEK REKAYASA ELEKTRO

Kontrol dan Monitoring Sistem BMS dan Integrasi IOT pada *Smart Home*

KELOMPOK 3

- 1. Niko Septian Kresno Nugroho (5022211020)**
- 2. Muhammad Ikhsan (5022211075)**
- 3. Ahmad Jabar Ilmi (5022211038)**
- 4. Isnuansa Maharani Puteri (5022211030)**

Dosen Pembimbing

Suwito, S.T., M.T.

NIP 198101052005011004

Muhammad Attamimi, B.Eng., M.Eng., Ph.D.

NIP 198503272019031006

Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024

LEMBAR PENGESAHAN



Kontrol dan Monitoring Sistem BMS dan Integrasi IOT pada *Smart Home*

LAPORAN AKHIR PROYEK REKAYASA ELEKTRO

Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Kelompok 3

1. Niko Septian Kresno Nugroho (5022211020)
2. Muhammad Ikhsan (5022211075)
3. Ahmad Jabar Ilmi (5022211038)
4. Isnuansa Maharani Puteri (5022211030)

Disetujui oleh

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. Suwito, S.T., M.T.
(NIP: 198101052005011004)

Muhammad Attamimi, B.Eng., M.Eng.,
Ph.D.
(NIP 198503272019031006)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	4
1.1 Latar Belakang	4
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Luaran	5
BAB 2 SPESIFIKASI	6
2.1 Spesifikasi Sistem	6
2.2 Harga Dan Spesifikasi Alat	11
BAB 3 PERANCANGAN	13
3.1 Desain Mekanik	13
3.2 Desain Elektronik	15
3.3 Desain Pemrograman	18
3.4 Rencana Implementasi	19
BAB 4 IMPLEMENTASI	22
4.1 Tahapan Implementasi	22
4.2 Hasil Implementasi	23
4.3 Kesesuaian Dengan Rencana	25
BAB 5 PENGUJIAN	28
5.1 Pengujian Unit	28
5.2 Pengujian Sistem	30
5.3 Kesesuaian Dengan Proposal	33
LAMPIRAN	36
Lampiran RAB	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mini PV	6
Gambar 2. 2 MPPT.....	6
Gambar 2. 3 BMS 3S	7
Gambar 2. 4 Baterai Li-Ion	7
Gambar 2. 5 INA219	8
Gambar 2. 6 ESP32	8
Gambar 2. 7 Lampu 12 Volt.....	9
Gambar 2. 8 Mini Fan	9
Gambar 2. 9 Kabel AWG	10
Gambar 2. 10 Relay.....	10
Gambar 3. 1 Desain Casing Rangkaian.....	15
Gambar 3. 2 Desain Maket Rumah	15
Gambar 3. 3 Desain Rangkaian	16
Gambar 3. 4 Perancangan Sistem.....	17
Gambar 3. 5 Flowchart Pemrograman	19
Gambar 4. 1 Sensor INA219 Terkoneksi ESP 32	23
Gambar 4. 2 Sistem BMS 3S Tersambung Baterai	23
Gambar 4. 3 Sistem MPPT.....	24
Gambar 4. 4 Sistem Wiring Komponen Mikrokontroler	24
Gambar 4. 5 Dashboard <i>Home Assistant</i>	25
Gambar 4. 6 Maket Rumah Tampak Atas (a) dan Tampak Samping (b).....	25
Gambar 5. 1 Bukti Pembacaan INA219	28
Gambar 5. 2 Bukti BMS Berfungsi	29
Gambar 5. 3 Pengujian MPPT.....	29
Gambar 5. 4 Program Berhasil Diupload	30
Gambar 5. 5 Bukti Baterai Dapat di isi	30
Gambar 5. 6 Wiring Keseluruhan.....	31
Gambar 5. 7 Kipas Menyala.....	31
Gambar 5. 8 Lampu Menyala.....	32
Gambar 5. 9 Hasil Tampilan Home Assistant.....	32
Gambar 5. 10 Pengujian Keseluruhan Sistem	33

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Harga dan Spesifikasi Alat.....	12
Tabel 3. 1 FMEA.....	21
Tabel 4. 1 Jadwal Kegiatan	27
Tabel 4. 2 Deskripsi Pekerjaan Anggota.....	27

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di tengah era globalisasi dan revolusi teknologi, kebutuhan akan energi berkelanjutan mendesak untuk diatasi. Energi terbarukan, khususnya dari sumber surya melalui teknologi panel fotovoltaik (PV), muncul sebagai solusi utama. Penggunaan energi surya tidak hanya berpotensi mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang semakin menipis tetapi juga berperan penting dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. Di lingkup perumahan, ini berarti kemungkinan penghematan biaya energi dalam jangka panjang sambil meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan.

Paralel dengan itu, konsep smart home telah mengalami perkembangan signifikan, didorong oleh kemajuan dalam Internet of Things (IoT). Sebuah smart home menyatukan serangkaian perangkat yang terhubung dan saling berkomunikasi, meningkatkan kenyamanan, efisiensi energi, dan keamanan untuk penghuninya. Melalui integrasi IoT dalam sistem manajemen bangunan (Building Management System - BMS), kontrol dan pemantauan perangkat dapat dilakukan secara real-time, mulai dari pengaturan suhu hingga pengelolaan konsumsi energi, mendorong terciptanya lingkungan hidup yang lebih cerdas dan efisien.

Dalam rangka mengoptimalkan manfaat dari sistem BMS. Battery Management System (BMS) digunakan untuk meningkatkan meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan energi yang dihasilkan oleh sistem Photovoltaic (PV) menuju ke baterai sebagai penyimpanan energi. BMS berperan vital dalam memastikan operasional sistem penyimpanan energi yang aman dan optimal, terutama dalam konteks integrasi PV dengan teknologi smart home. Meski potensinya besar, integrasi antara sumber energi terbarukan (khususnya PV) dengan sistem BMS yang terintegrasi IoT dalam konteks smart home menghadapi tantangan signifikan. Ini termasuk isu teknis terkait efisiensi pengumpulan dan penggunaan energi surya, masalah interoperabilitas antara berbagai perangkat IoT, dan tantangan dalam pengelolaan data serta privasi pengguna.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan teknologi smart home yang lebih hijau dan efisien. Selain itu, diharapkan juga dapat memberikan wawasan baru dalam mengintegrasikan sistem BMS dan IoT untuk memanfaatkan energi terbarukan secara optimal, memperkaya literatur akademik, dan memberikan manfaat praktis bagi masyarakat luas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah yang dapat diidentifikasi untuk proposal ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara efektif untuk mengintegrasikan teknologi *Battery Management System* (BMS) dalam sistem *smart home* guna mencapai kemandirian energi rumah tangga dan mengurangi ketergantungan pada pasokan listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN)?
2. Bagaimana pembuatan *monitoring* sistem BMS terintegrasi dengan PV pada *smart home* yang efisien, khususnya dalam konteks penyesuaian untuk skala rumah tangga?
3. Bagaimana sistem monitoring BMS dapat disesuaikan untuk menangani variasi dalam produksi energi PV dan kebutuhan konsumsi rumah tangga?
4. Bagaimana sistem BMS dan IoT dapat mengelola dan memproses data yang dihasilkan dari perangkat smart home dan panel fotovoltaik secara aman?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari proposal ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring daya BMS yang terintegrasi dengan teknologi Photovoltaic (PV) dan smart home, yang dirancang untuk mencapai efisiensi energi maksimal, keberlanjutan lingkungan, dan kemandirian energi di rumah tangga.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari sistem ini adalah sebagai berikut.

1. Optimisasi Manajemen Energi: Alat ini mengoptimalkan manajemen energi rumah tangga dengan memonitor sistem BMS terintegrasi IoT untuk mengurangi ketergantungan pada listrik PLN menggunakan teknologi PV.
2. Akses Website Smart Home: Pengguna dapat mengakses website smart home via HP untuk memantau konsumsi energi real-time, mengatur jadwal operasi peralatan, dan membuat keputusan efisien.
3. Fitur Cut-Off Otomatis: Dilengkapi fitur cut-off otomatis untuk memutus listrik ke peralatan tidak terpakai, meningkatkan efisiensi energi dan keamanan rumah.

1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari proposal pengembangan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Terciptanya *prototype*
2. Laporan kemajuan pembuatan *prototype*
3. Catatan Harian
4. Laporan akhir pembuatan *prototype*

BAB 2 SPESIFIKASI

2.1 Spesifikasi Sistem

Dalam rangka meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan energi pada smart home, kami mengembangkan sistem monitoring Battery Management System (BMS) yang terintegrasi dengan teknologi Photovoltaic (PV). Sistem ini bertujuan untuk mengelola dan memantau penggunaan energi, memastikan efisiensi maksimum dalam pemanfaatan energi terbarukan, serta meningkatkan kenyamanan dan keamanan penghuni rumah. Bab ini menjelaskan spesifikasi sistem yang akan dikembangkan, mencakup deskripsi fungsional dan non-fungsional, arsitektur sistem, dan komponen utama.

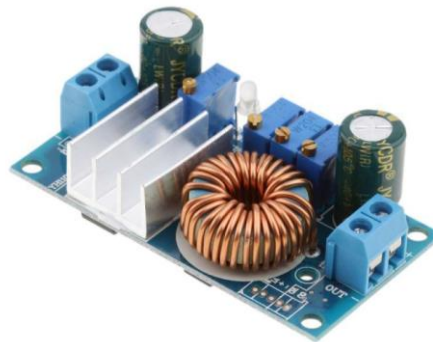
2.1.1 Mini PV (Photovoltaic)



Gambar 2. 1 Mini PV

Mini PV (Photovoltaic) 5 Watt adalah panel surya kecil yang mampu mengonversi energi matahari menjadi listrik, yang dapat digunakan untuk memberikan suplai daya ke sistem manajemen baterai (Battery Management System atau BMS). Panel surya ini bekerja dengan menggunakan efek fotovoltaiik, di mana sel-sel fotovoltaiik mengubah cahaya matahari langsung menjadi arus listrik searah (DC). Energi yang dihasilkan oleh Mini PV 5 Watt kemudian dialirkan ke BMS, yang berfungsi mengatur pengisian dan pengosongan baterai dengan cara yang efisien dan aman. BMS memastikan bahwa baterai tidak mengalami overcharge atau overdischarge, menjaga kesehatan dan umur panjang baterai.

2.1.2 MPPT

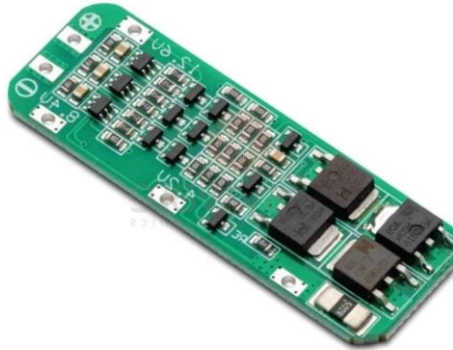


Gambar 2. 2 MPPT

Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah teknologi yang dirancang untuk memaksimalkan efisiensi penyerapan energi dari panel surya dengan memastikan bahwa panel tersebut selalu beroperasi pada titik daya maksimum. Dalam sistem monitoring BMS untuk smart home yang terintegrasi dengan teknologi Photovoltaic (PV), MPPT berfungsi untuk mengoptimalkan output daya dari Mini PV 5 Watt.

Teknologi ini bekerja dengan terus menerus memantau dan menyesuaikan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya sehingga daya yang dihasilkan selalu pada tingkat maksimal, meskipun kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya dan suhu berubah. Dengan MPPT, energi yang dihasilkan oleh panel surya dapat dimaksimalkan, memastikan bahwa lebih banyak daya yang tersedia untuk mengisi baterai melalui sistem manajemen baterai (BMS).

2.1.3 BMS 3S



Gambar 2. 3 BMS 3S

BMS singkatan dari Battery Management System, merupakan sistem manajemen baterai yang berfungsi untuk menyimpan dan mengelola suplai daya listrik untuk digunakan di rumah. Dalam konfigurasi 3S, BMS mengontrol serangkaian baterai yang terhubung secara seri, biasanya terdiri dari tiga sel baterai yang dihubungkan satu sama lain. Tugas utama BMS 3S adalah mengatur proses pengisian dan pengosongan baterai secara otomatis sesuai dengan kebutuhan energi rumah tangga. Ketika sumber daya eksternal, seperti panel surya atau grid listrik, tersedia, BMS mengatur pengisian baterai dengan mengontrol aliran arus dan tegangan masuk ke baterai. Sebaliknya, saat energi diperlukan di rumah, BMS mengatur pengosongan baterai dengan mengatur aliran arus keluar dari baterai ke beban listrik di rumah. Selain itu, BMS 3S juga dilengkapi dengan fitur keamanan yang melindungi baterai dari kondisi yang berbahaya seperti overcharge, overdischarge, dan arus berlebih. Dengan memantau kesehatan baterai secara terus-menerus, BMS membantu dalam mengoptimalkan kinerja baterai dan memperpanjang umur pakainya.

2.1.4 Baterai Li-Ion

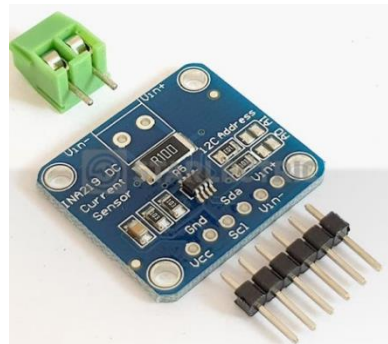


Gambar 2. 4 Baterai Li-Ion

Baterai Li-Ion (Lithium-Ion) adalah jenis baterai yang sering digunakan dalam sistem manajemen baterai (BMS) karena keunggulan teknis dan performanya yang unggul. Baterai Li-Ion menawarkan densitas energi yang tinggi, memungkinkan penyimpanan lebih banyak energi dalam ukuran yang lebih kecil dan berat yang lebih ringan, sehingga sangat efisien untuk aplikasi penyimpanan energi di rumah. Selain itu, baterai Li-Ion memiliki efisiensi pengisian dan pengosongan yang tinggi, memastikan energi yang disimpan dapat digunakan secara optimal dengan sedikit energi yang hilang selama proses pengisian. Umur pakai yang panjang juga menjadi kelebihan, karena baterai ini dapat diisi dan dikosongkan berkali-

kali sebelum kapasitasnya menurun secara signifikan, mengurangi frekuensi penggantian dan biaya pemeliharaan. Perawatan baterai Li-Ion minimal, tidak memerlukan pengisian penuh secara rutin dan bebas dari masalah "memory effect" yang dapat mengurangi kapasitas. Keamanan baterai Li-Ion juga terjamin dengan adanya BMS yang memantau dan mengontrol tegangan, arus, dan suhu untuk memastikan operasi dalam batas aman, mengurangi risiko kebakaran atau ledakan.

2.1.5 Sensor Arus (INA219)



Gambar 2. 5 INA219

Sensor arus adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur aliran arus listrik dalam rangkaian listrik. Sensor ini dapat bekerja dengan berbagai prinsip, seperti induksi magnetik, efek Hall, atau resistansi shunt. Pada konstruksi desain kami, sensor arus digunakan untuk menghitung jumlah daya yang digunakan pada pemilik rumah. Sensor arus bekerja dengan mengukur arus yang mengalir melalui konduktor utama. Untuk menghitung daya listrik, data dari sensor arus digabungkan dengan data dari sensor tegangan yang mengukur tegangan listrik pada sirkuit yang sama. Dengan menggunakan rumus daya $P=V \times I$, perangkat ini dapat menghitung jumlah daya yang digunakan. Kombinasi pengukuran arus dan tegangan memungkinkan perhitungan daya listrik yang akurat, yang sangat penting dalam aplikasi rumah tangga untuk pemantauan konsumsi energi dan efisiensi energi.

2.1.6 ESP32 (DEVKITC V4)



Gambar 2. 6 ESP32

ESP32 dapat dihubungkan dengan sensor arus dan tegangan yang dipasang pada panel listrik utama. Sensor-sensor ini mengukur arus dan tegangan yang mengalir melalui sistem kelistrikan rumah, kemudian data tersebut dikirim ke ESP32. Mikrokontroler ini memproses data tersebut untuk menghitung konsumsi daya listrik secara real-time menggunakan rumus

Dengan kemampuan pemrosesan yang dimiliki, ESP32 dapat melakukan perhitungan, analisis, dan penyimpanan data historis konsumsi energi, serta memonitor pola konsumsi untuk mengidentifikasi perangkat yang boros energi. Data yang telah diproses kemudian dapat dikirimkan secara nirkabel ke perangkat lain seperti smartphone, tablet, atau komputer melalui Wi-Fi, atau ke server cloud untuk diakses

melalui aplikasi web. Pengguna dapat memantau konsumsi energi secara real-time, melihat grafik penggunaan energi, laporan bulanan, dan menerima peringatan jika terjadi konsumsi energi yang tidak biasa melalui aplikasi mobile atau web.

2.1.7 Lampu 12 Volt



Gambar 2. 7 Lampu 12 Volt

Lampu 12 Volt adalah lampu yang menggunakan tegangan 12 volt sebagai sumber daya listriknya, sering digunakan dalam sistem kelistrikan rumah tangga dan aplikasi berbasis energi terbarukan. Dalam konteks sistem monitoring energi smart home yang terintegrasi dengan teknologi Photovoltaic (PV), lampu 12 Volt berfungsi sebagai salah satu beban listrik yang mengkonsumsi daya dari sistem. Penggunaan lampu 12 Volt memiliki beberapa keuntungan, termasuk efisiensi energi yang tinggi, umur panjang, dan keamanan yang lebih baik karena tegangan rendah. Lampu ini juga dapat digunakan untuk simulasi beban dalam pengujian sistem, membantu dalam mengukur dan memantau konsumsi daya. Data konsumsi lampu 12 Volt dapat diambil oleh sensor arus dan tegangan, kemudian dianalisis oleh mikrokontroler seperti ESP32 untuk memberikan informasi real-time mengenai pola penggunaan energi.

2.1.8 Mini Fan



Gambar 2. 8 Mini Fan

Mini fan 12 volt adalah perangkat kecil yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi rumah tangga, yang juga dapat berfungsi sebagai alat untuk pengukuran daya di rumah. Selain berfungsi sebagai alat untuk sirkulasi udara, mini fan 12 volt digunakan sebagai beban listrik yang konsisten untuk memantau

dan mengukur konsumsi daya listrik. Dengan mengetahui konsumsi daya mini fan, pengguna dapat lebih memahami pola penggunaan energi dan mengelola konsumsi listrik dengan lebih efisien. Mini fan 12 volt memiliki konsumsi daya yang relatif stabil, sehingga dapat digunakan untuk menguji dan mengkalibrasi sensor arus dan tegangan dalam sistem pengukuran daya, memastikan sistem tersebut bekerja dengan akurat. Data konsumsi daya mini fan dapat dikumpulkan melalui sensor arus dan tegangan yang dihubungkan ke rangkaian mini fan, kemudian diproses oleh mikrokontroler seperti ESP32 untuk menghitung konsumsi daya

2.1.9 Kabel AWG



Gambar 2. 9 Kabel AWG

Kabel AWG (American Wire Gauge) adalah jenis kabel yang sering digunakan untuk menghubungkan jalur-jalur data pada mikrokontroler seperti ESP32. Standar AWG menentukan diameter dan kapasitas arus kabel, dengan ukuran yang sesuai untuk kebutuhan spesifik dalam proyek elektronik. Kabel AWG ukuran 22 hingga 28 biasanya digunakan untuk ESP32 karena ukurannya yang kecil namun cukup kuat untuk menghantarkan arus yang dibutuhkan untuk komunikasi data. Kabel ini membantu menjaga kualitas sinyal, mengurangi interferensi dan noise, serta menawarkan fleksibilitas dan kekuatan yang cukup untuk disusun di sekitar komponen dan papan sirkuit tanpa mudah patah. Kabel AWG juga mudah dipotong, dikupas, dan disolder, membuatnya ideal untuk menyambungkan jalur data pada ESP32, baik itu untuk menghubungkan sensor, modul komunikasi, atau perangkat output seperti LED dan relay. Penggunaan kabel AWG memastikan koneksi data yang stabil dan andal, mengurangi risiko terputusnya sinyal atau kerusakan akibat arus berlebih.

2.1.10 Relay (OPTOCOUPLER)



Gambar 2. 10 Relay

Relay 12 volt adalah komponen elektromekanis yang digunakan untuk mengontrol sirkuit listrik dengan menggunakan tegangan 12 volt. Komponen ini berfungsi sebagai saklar otomatis yang dioperasikan oleh arus listrik kecil, memungkinkan pengendalian arus listrik yang lebih besar pada sirkuit lain. Relay terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk coil (kumparan) yang menghasilkan medan magnet saat diberi tegangan, armature (lengan penggerak) yang ditarik oleh medan magnet, pegas yang mengembalikan armature ke posisi semula, dan kontak yang membuka atau menutup sirkuit listrik saat armature bergerak.

2.2 Harga Dan Spesifikasi Alat

No.	Nama Barang	Spesifikasi	Total Harga (Rp)
1	Mini PV	5v 0,5 watt	Rp41.700
2	MPPT	Input : 6-36V Output : 1.25-32V adjustable MPPT voltage setting range: 6-36V Output current range: 0.05-5A Turn lights output range: 0.01-5A (default turn lamp current 0.3A) Operating temperature: -40 ~ + 85 degree Operating frequency: 180KHz Conversion efficiency: up to 95% Short circuit protection: Yes	Rp55.000
3	BMS 3S	Versi 12.6V 3 sel (3S) Tegangan Input: DC 3-6V (Rekomendasi DC 3.7V 5V) Arus Input: -2A (versi 2A);4A (versi 4A) Tegangan pengisian daya: 12.6V Pengisian saat ini: 0.4A (versi 2A);1.48A (versi 4A) Short circuit protection. Overcharge protection. Over-discharge protection. Overcurrent protection.	Rp27.000
4	Baterai Li-Ion	Rechargeable Battery Tegangan Nominal: 3.7V Battery Chemistry : Li-Ion Battery Form Factor: 18650 Capacity: min.1000mAh (manufacturer rated)	Rp25.000
5	Sensor Arus (INA219)	package: sot23 working voltage 35v size:25. 5 x 22. 3mm	Rp42.000
6	ESP 32	Single or Dual-Core 32-bit LX6 Microprocessor with clock frequency up to 240 MHz. 520 KB of SRAM, 448 KB of ROM and 16 KB of RTC SRAM. Supports 802.11 b/g/n Wi-Fi connectivity with speeds up to 150 Mbps. v4.2 and BLE specifications. 34 Programmable GPIOs. Up to 18 channels of 12-bit SAR ADC and 2 channels of 8-bit DAC Serial Connectivity include 4 x SPI, 2 x I2C, 2 x I2S, 3 x UART.	Rp67.500
7	Expansion Board ESP 32		Rp20.000

8	LED	Tegangan : 3.2 - 3.4V Kecerahan : 515 - 517 Arus : 18 - 20mA	Rp575
9	Mini Fan	ukuran : 3cm tebal : 1cm	Rp30.000
10	Kabel AWG		Rp38.000
11	Relay 12v	Standard interface that can be controlled directly by microcontroller (Arduino , 8051, AVR, PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic).Indication LEDs for Relay output status.	Rp21.798
12	Push Button tactile 2 Kaki	OLED internal drive chip: SSD136 Compatible with 3.3V and 5V control chip I / O level Dimension: 29.28 x 27.1 mm (LW) Temperature: -30C to 70C Wide power supply range: DC 3V-5V Power: 0.06W Resolution: 128x64 Feature: GND: Power Gound	Rp175.000
13	OLED 0,96 inch i2c	OLED internal drive chip: SSD136 Compatible with 3.3V and 5V control chip I / O level Dimension: 29.28 x 27.1 mm (LW) Temperature: -30C to 70C Wide power supply range: DC 3V-5V Power: 0.06W Resolution: 128x64	Rp29.000
14	Cetak PCB		Rp30.000
Total			Rp602.573

Tabel 2. 1 Harga dan Spesifikasi Alat

BAB 3 PERANCANGAN

3.1 Desain Mekanik

3.1.1 Prinsip Dasar Desain Mekanik

Dalam proyek pengembangan sistem monitoring BMS (Battery Management System) untuk smart home yang terintegrasi dengan teknologi Photovoltaic (PV), desain mekanik adalah proses yang mencakup perancangan dan pembuatan prototipe fisik. Prototipe ini menunjukkan integrasi berbagai komponen elektronik dan mekanik ke dalam satu sistem yang berfungsi dengan efisien. Desain mekanik memanfaatkan teknologi pencetakan 3D untuk membuat model skala dan komponen khusus yang sesuai dengan spesifikasi sistem. Beberapa komponen untuk desain ini meliputi:

a. Panel PV dan Rangka Penyangga

Rangka penyangga didesain untuk menempatkan Mini PV 5 Watt pada sudut optimal untuk penyerapan cahaya matahari maksimal. Bahan yang digunakan adalah plastik atau logam ringan yang tahan terhadap kondisi cuaca. Fitur tambahan seperti penyesuaian sudut otomatis memungkinkan panel mengikuti arah matahari.

b. Enclosure untuk BMS dan Komponen Elektronik

Enclosure ini menampung BMS 3S, MPPT, sensor arus, dan ESP32 dengan aman. Material yang digunakan adalah plastik ABS atau bahan tahan air dan debu. Desainnya mencakup ventilasi untuk pembuangan panas, akses mudah untuk pemeliharaan, dan indikator status eksternal.

c. Maket Rumah dengan Teknologi Pencetakan 3D

Maket rumah mencerminkan tata letak smart home lengkap dengan penempatan panel PV, lampu 12 Volt, mini fan, dan jalur kabel. Dicitak menggunakan filamen PLA atau ABS untuk menghasilkan detail yang realistis, dengan bagian yang dapat dilepas untuk akses ke komponen internal.

d. Kabel dan Jalur Koneksi

Jalur koneksi dirancang untuk menghubungkan semua komponen listrik menggunakan kabel AWG ukuran 22-28 untuk sinyal data dan daya. Pengorganisasian kabel dilakukan untuk meminimalkan interferensi dan memudahkan pengelolaan.

3.1.2 Kriteria Desain

Dalam proses desain mekanik untuk proyek ini, beberapa kriteria utama yang harus dipenuhi meliputi hal-hal esensial sebagai berikut.

a. Efisiensi Energi

Desain harus memastikan efisiensi maksimal dalam penyerapan dan penggunaan energi dari panel PV. Ini mencakup penempatan dan orientasi optimal panel PV serta minimisasi kehilangan energi dalam distribusi.

b. Durabilitas dan Ketahanan Lingkungan

Komponen mekanik, terutama yang terpapar langsung dengan elemen cuaca seperti rangka penyangga panel PV, harus tahan terhadap kondisi lingkungan seperti hujan, panas, dan angin.

c. Keamanan dan Keandalan

Enclosure untuk BMS dan komponen elektronik harus memastikan keamanan dari kelembaban, debu, dan panas berlebih. Desain harus mempertimbangkan aspek keandalan dalam jangka panjang.

d. Kemudahan Perawatan

Desain harus memungkinkan akses mudah untuk perawatan rutin dan penggantian komponen jika diperlukan. Ini mencakup desain yang modular dan bagian yang dapat dilepas.

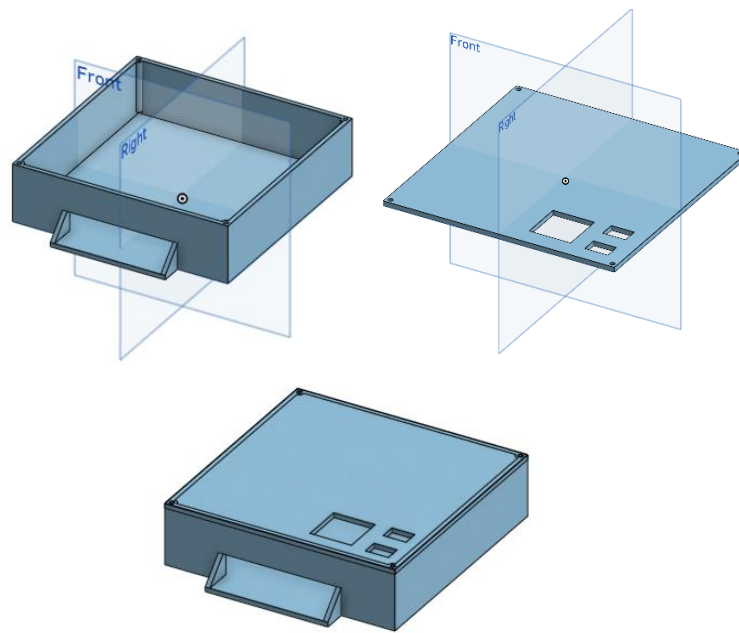
3.1.3 Desain 3D dan Prototype

Perangkat lunak desain 3D digunakan untuk membuat model digital dari komponen dan sistem yang akan dibuat. Perangkat yang digunakan untuk desain 3D kami adalah dengan software Onshape. Onshape adalah perangkat lunak Computer-Aided Design (CAD) berbasis cloud yang dirancang untuk memungkinkan kolaborasi real-time.

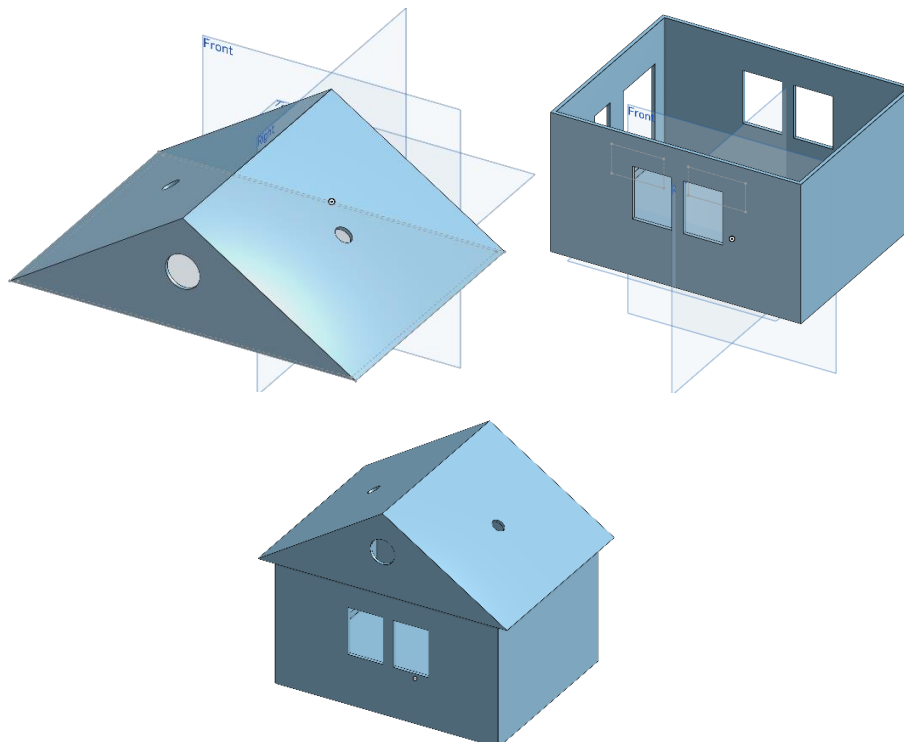
Sistem ini memanfaatkan arsitektur cloud untuk menyediakan manajemen data yang terintegrasi, kontrol versi, dan pengelolaan revisi yang efisien. Dengan fitur kolaborasi real-time, beberapa engineer dapat bekerja pada bagian yang sama dari suatu desain secara bersamaan tanpa risiko konflik data atau versi, karena setiap perubahan disinkronkan secara langsung. Ini meningkatkan efisiensi dan kecepatan pengembangan produk.

Onshape juga menyediakan API (Application Programming Interface) yang memungkinkan integrasi dengan berbagai alat dan sistem eksternal, seperti PLM (Product Lifecycle Management) dan ERP (Enterprise Resource Planning). Melalui API ini, pengembang dapat membuat aplikasi kustom yang berinteraksi langsung dengan data desain di Onshape, memungkinkan alur kerja yang lebih otomatis dan terintegrasi. Selain itu, Onshape mendukung format file CAD standar industri seperti STL, STEP, IGES, dan DWG, memudahkan interoperabilitas dengan perangkat lunak CAD lainnya dan sistem manufaktur.

3.1.4 Desain Prototype untuk Manufaktur dan Perakitan



Gambar 3. 1 Desain Casing Rangkaian



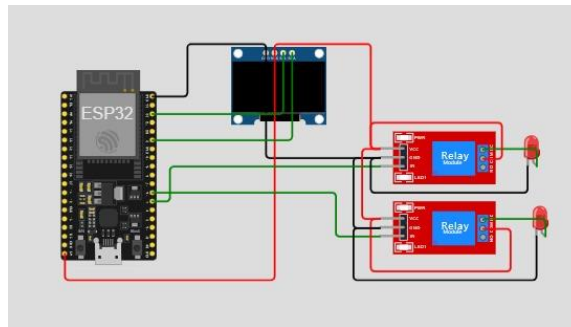
Gambar 3. 2 Desain Maket Rumah

3.2 Desain Elektronik

3.2.1 Desain dan Simulasi Rangkaian Elektronik

Desain dan simulasi rangkaian elektronik melibatkan pembuatan skema rangkaian, pemilihan komponen, serta pengujian virtual menggunakan software simulasi. Proses ini memastikan kinerja dan kompatibilitas sebelum realisasi fisik, mengidentifikasi dan

memecahkan masalah potensial, serta mengoptimalkan efisiensi dan keandalan sistem elektronik.



Gambar 3. 3 Desain Rangkaian

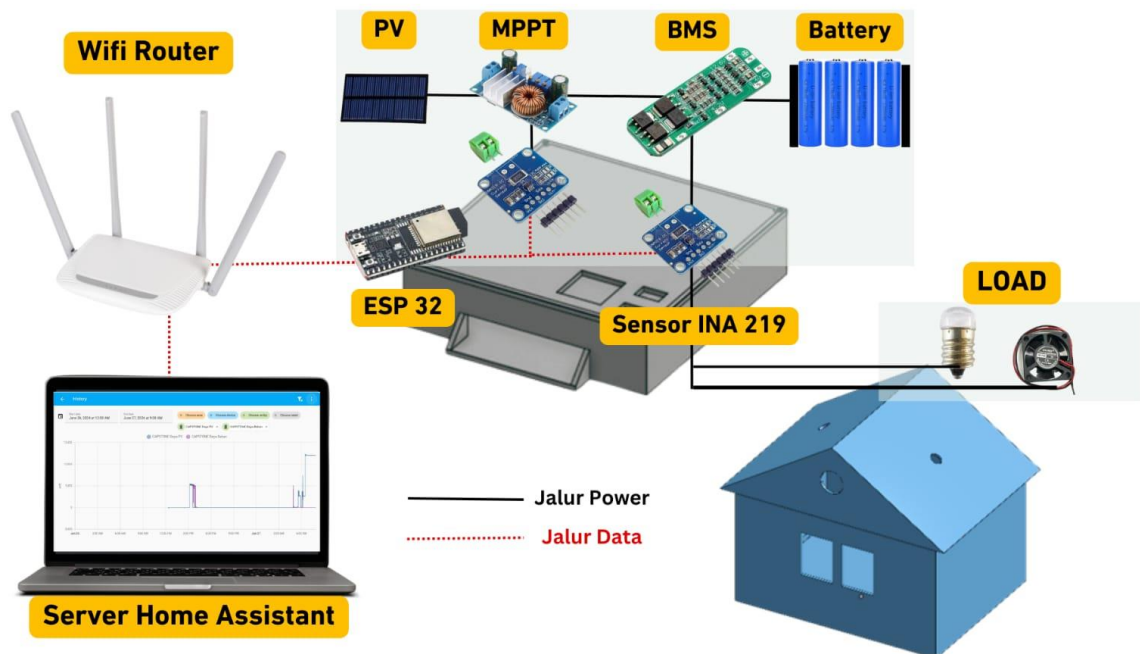
3.2.2 Prototype

Proses pembuatan prototype dimulai dengan menyusun sistem sensor INA219 yang disambungkan ke ESP 32. Pada tahap ini, sensor INA219 digunakan untuk membaca data berupa arus, tegangan, dan daya yang kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP 32. Penyambungan dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan bahwa sensor terhubung dengan benar dan dapat mengirimkan data secara akurat. Setelah sistem sensor berfungsi dengan baik, tahap selanjutnya adalah menyusun sistem BMS 3S. Sistem ini disambungkan ke baterai case dengan tujuan menyeimbangkan tegangan dan arus agar pembagian ke setiap sel baterai merata. Hal ini penting untuk memastikan bahwa setiap sel baterai bekerja secara optimal dan memiliki umur pakai yang panjang.

Selanjutnya, konektivitas mikrokontroller dan relay module disusun. Pada tahap ini, mikrokontroler berfungsi sebagai pusat kontrol yang menghubungkan berbagai komponen elektronik seperti sensor, relay, dan OLED. Penyusunan sistem ini melibatkan pengaturan kabel dan konektor untuk memastikan semua komponen dapat berkomunikasi dengan baik. Kemudian, sistem MPPT (Maximum Power Point Tracking) dirangkai. MPPT menerima input daya dari panel surya (PV) dan mengeluarkan daya output ke BMS untuk mengisi daya di baterai. Sistem ini dirancang untuk mengoptimalkan pemanfaatan daya yang dihasilkan oleh panel surya.

Tahapan selanjutnya melibatkan pembuatan kodingan untuk mikrokontroller. Kodingan ini dibuat menggunakan VS Code dan platformIO, bertujuan untuk mengatur dan mengontrol semua fungsi dari sistem. Mikrokontroller akan mengelola data yang diterima dari sensor dan mengendalikan komponen lain seperti relay dan OLED. Selain itu, kodingan juga dibuat untuk menghubungkan mikrokontroller dengan Home Assistant. Hal ini memungkinkan monitoring penggunaan energi melalui dashboard Home Assistant, sehingga pengguna dapat memantau konsumsi energi secara real-time dan melakukan penyesuaian jika diperlukan.

Tahapan akhir dalam pembuatan prototype adalah pembuatan maket miniatur rumah dari sistem yang akan dibuat. Maket ini menggunakan filamen PLA+ yang diolah menggunakan mesin 3D print. Setelah semua bagian tercetak, bagian-bagian tersebut disusun untuk membentuk maket yang menyerupai rumah sebenarnya. Maket ini merepresentasikan sistem yang akan dipasang pada skala yang lebih besar, memungkinkan visualisasi dan perencanaan yang lebih baik sebelum implementasi sistem yang sebenarnya.



Gambar 3. 4 Perancangan Sistem

3.2.3 Strategi dan Perencanaan Pengujian

Strategi pengujian dimulai dengan pengujian individu setiap komponen untuk memastikan setiap bagian berfungsi dengan baik. Pertama, sistem sensor INA219 diuji untuk memastikan bahwa data arus, tegangan, dan daya yang terbaca akurat. Uji coba dilakukan dengan berbagai kondisi beban untuk melihat respons sensor. Setelah itu, sistem BMS 3S diuji dengan baterai untuk memastikan bahwa tegangan dan arus di setiap sel baterai seimbang. Pengujian ini melibatkan pemantauan tegangan dan arus selama proses pengisian dan penggunaan baterai.

Kemudian, konektivitas mikrokontroller dan relay module diuji dengan memastikan semua komponen terhubung dan berfungsi sesuai dengan perintah dari mikrokontroller. Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan dan menonaktifkan relay, serta memantau tampilan pada OLED. Sistem MPPT juga diuji dengan simulasi input dari panel surya untuk memastikan bahwa daya yang dihasilkan dapat dioptimalkan dan disalurkan dengan efisien ke BMS.

Pengujian program dan IoT dilakukan dengan menjalankan kodingan pada mikrokontroller dan memastikan bahwa semua fungsi berjalan dengan baik. Selain itu, koneksi dengan Home Assistant diuji untuk memastikan bahwa data penggunaan energi dapat dipantau secara real-time. Terakhir, maket diuji dengan menginstal semua komponen sistem pada maket untuk memastikan bahwa desain dan implementasi sistem berjalan dengan baik dalam skala kecil sebelum diterapkan pada skala yang lebih besar. Pengujian ini membantu mengidentifikasi dan memperbaiki masalah potensial sebelum sistem yang sesungguhnya dipasang.

3.3 Desain Pemrograman

Pemrograman dilakukan menggunakan Visual Studio Code (VSCode), sebuah editor kode sumber yang populer dan serbaguna. VSCode menyediakan berbagai fitur yang mendukung produktivitas pengembangan perangkat lunak, seperti debugging, kontrol versi, dan integrasi dengan berbagai ekstensi.

Libraries yang digunakan meliputi Arduino Libraries sebagai dasar pemrograman Arduino, WiFi untuk koneksi jaringan, dan ArduinoHA untuk integrasi dengan Home Assistant. Kami juga menggunakan Wire dan SPI untuk komunikasi I2C dan SPI, serta Adafruit_GFX dan Adafruit_SSD1306 untuk pengendalian layar OLED. Sensor daya Adafruit_INA219 digunakan untuk pembacaan voltase dan arus.

Dalam deklarasi dan inisialisasi perangkat keras, kami menggunakan dua sensor INA219 pada alamat I2C 0x40 untuk beban dan 0x41 untuk PV, layar OLED dengan resolusi 128x64, serta koneksi WiFi dengan SSID dan password yang telah ditentukan. Komunikasi dengan Home Assistant dilakukan melalui MQTT dengan alamat broker yang spesifik. Pin GPIO pada Arduino digunakan untuk mengontrol lampu dan kipas, yaitu pin 4 untuk lampu dan pin 16 untuk kipas.

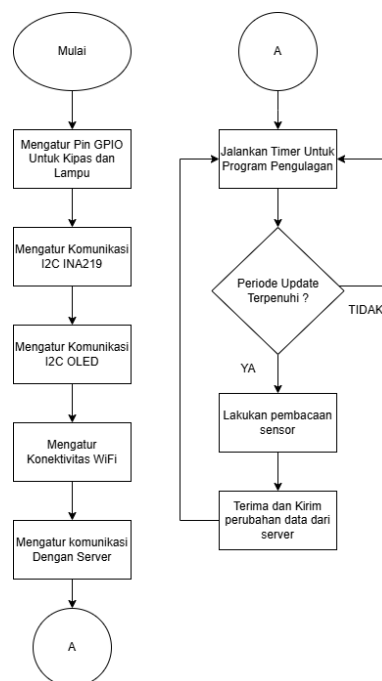
Beberapa fungsi penting yang telah kami implementasikan termasuk `lampuonSwitchCommand` untuk mengontrol status lampu dan `kipasonSwitchCommand` untuk mengontrol kipas berdasarkan perintah dari Home Assistant. Fungsi `setup()` digunakan untuk inisialisasi perangkat keras, koneksi WiFi, dan pengaturan awal sensor dan layar OLED. Fungsi `loop()` digunakan untuk mengupdate status perangkat dan sensor setiap 2 detik serta mengirim data ke Home Assistant.

Alur kerja program dimulai dengan inisialisasi yang meliputi pengaturan baud rate serial, koneksi WiFi, pengaturan pin output untuk lampu dan kipas, serta koneksi ke Home Assistant melalui MQTT. Sensor INA219 dan layar OLED juga diinisialisasi untuk memastikan konektivitas dan fungsi yang benar. Dalam loop utama, program menjaga koneksi dengan MQTT, membaca data dari sensor INA219, dan memperbarui tampilan data pada layar OLED serta mengirim data tersebut ke Home Assistant.

Fungsi `loop()` secara khusus menjaga koneksi dan komunikasi dengan MQTT melalui `mqtt.loop()`. Setiap 2 detik, program membaca voltase, arus, dan daya dari sensor INA219 untuk beban dan PV, kemudian memperbarui tampilan layar OLED dengan informasi terbaru. Data ini juga dikirim ke Home Assistant melalui sensor `HASensorNumber`, memastikan pemantauan real-time yang akurat.

Kesimpulannya, kode ini berfungsi untuk mengontrol dan memonitor sistem BMS dengan mengintegrasikan sensor daya, layar OLED untuk tampilan data, serta menghubungkannya dengan Home Assistant melalui MQTT untuk kontrol dan pemantauan jarak jauh. Pengujian simulasi akhir menunjukkan bahwa sistem ini dapat berfungsi dengan baik dalam lingkungan smart home, memberikan solusi yang efektif untuk pemantauan dan pengelolaan energi.

Flowchart pada gambar 3.5 menggambarkan alur kerja program yang memungkinkan komunikasi real-time antara pengguna melalui komputer. Program dimulai dengan inisialisasi sistem, termasuk pengaturan GPIO untuk mengontrol kipas dan lampu, meskipun fungsinya mungkin tidak langsung terkait dengan komunikasi pengguna. Konfigurasi komunikasi I2C untuk sensor INA219 yang mengukur arus dan tegangan dilakukan untuk memfasilitasi pemantauan data sensor. Dalam loop utama, program secara berkala memeriksa dan menampilkan data dari sensor INA219 pada layar OLED. Selain itu, program terhubung ke server melalui WiFi untuk melakukan pertukaran data real-time, mengirim dan menerima perubahan data yang relevan antara pengguna dan server. Program ini berlanjut dalam siklus ini hingga dihentikan secara eksplisit, memastikan pengguna dapat terus berkomunikasi dan bertukar informasi dengan lancar.



Gambar 3. 5 Flowchart Pemrograman

3.4 Rencana Implementasi

3.4.1 Rencana Pekerjaan Implementasi

Rencana pekerjaan implementasi proyek ini mencakup beberapa tahapan utama yang dilakukan secara berurutan untuk memastikan setiap komponen sistem terpasang dan berfungsi dengan baik. Tahap pertama adalah persiapan dan penyusunan infrastruktur, yang melibatkan penyiapan semua komponen dan material yang diperlukan, termasuk sensor INA219, ESP 32, BMS 3S, relay module, OLED, MPPT, panel surya, dan baterai. Infrastruktur fisik, seperti pemasangan panel surya, baterai, dan perangkat pendukung lainnya, juga disusun pada tahap ini.

Selanjutnya, pemasangan sistem wiring dilakukan dengan menghubungkan sensor INA219 ke ESP 32 untuk membaca data arus, tegangan, dan daya, menyambungkan BMS 3S ke baterai case untuk menyeimbangkan tegangan dan arus, serta menghubungkan mikrokontroler dengan relay module dan komponen lainnya seperti OLED. Sistem MPPT juga dirangkai untuk menerima daya dari panel surya dan mengirimkan daya ke BMS untuk

mengisi baterai. Pada tahap ini, perhatian khusus diberikan pada koneksi yang tepat dan aman untuk memastikan kinerja sistem yang optimal.

Tahap berikutnya adalah pengembangan dan pengujian kodingan untuk mikrokontroler menggunakan VS Code dan platformIO, yang bertujuan untuk mengatur dan mengontrol semua fungsi sistem. Selain itu, kodingan dikembangkan untuk mengintegrasikan mikrokontroler dengan Home Assistant, memungkinkan monitoring penggunaan energi melalui dashboard. Pengujian dilakukan untuk memastikan kodingan berfungsi sesuai dengan spesifikasi dan dapat mengelola data dengan efisien.

Kemudian, penyusunan maket miniatur rumah dilakukan dengan mencetak dan merakit maket menggunakan filamen PLA+ dan mesin 3D print. Maket ini digunakan untuk simulasi dan visualisasi, memastikan bahwa semua komponen sistem terpasang dengan benar dan bekerja sebagaimana mestinya sebelum diterapkan pada skala yang lebih besar. Pengujian dan validasi sistem menjadi tahap krusial berikutnya, di mana setiap komponen diuji secara individu dan keseluruhan sistem diuji untuk memastikan semua berfungsi secara harmonis. Terakhir, pelatihan dan dokumentasi disediakan untuk pengguna akhir, meliputi pelatihan penggunaan sistem dan penyusunan dokumentasi teknis serta panduan penggunaan.

3.4.2 Manajemen Risiko dan Perubahan

Sebagai mahasiswa yang mengerjakan proyek Sistem Pemantauan Konsumsi Listrik Berbasis IoT ini, kami menyadari pentingnya meminimalkan risiko kegagalan dalam setiap tahap pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, kami telah melakukan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan potensi kegagalan yang mungkin terjadi. Tabel FMEA berikut ini membantu kami memahami Tingkat Keparahan (Severity) (S), Kemungkinan Terjadinya (Occurrence) (O), dan Kemampuan Deteksi (Detection) (D) dari setiap potensi kegagalan. Dari ketiga faktor tersebut, kami menghitung Risk Priority Number (RPN) ($S \times O \times D$) untuk menentukan prioritas risiko dan tindakan pencegahan yang diperlukan.

No	Potensi Kegagalan	Dampak Kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN	Tindakan Pencegahan atau Kontrol
1	Komponen yang dibeli tidak sesuai spesifikasi	Sistem tidak berfungsi dengan baik	Kesalahan dalam spesifikasi desain - Kesalahan dalam proses pembelian	5	3	3	45	Lakukan verifikasi spesifikasi komponen sebelum membeli - Lakukan inspeksi fisik komponen saat diterima - Buat SOP proses pembelian komponen
2	Komponen yang dibeli tidak lengkap	Sistem tidak dapat dirakit	Kesalahan dalam perhitungan kebutuhan komponen - Kesalahan dalam proses pemesanan	4	3	3	36	Lakukan review ulang perhitungan kebutuhan komponen - Lakukan cross-check pemesanan dengan dokumen perhitungan - Buat SOP proses pemesanan komponen

4	Skema wiring tidak sesuai dengan desain	Sistem tidak berfungsi atau tidak aman	Kesalahan dalam desain skema wiring - Kurangnya review dan verifikasi desain	4	4	2	32	Lakukan review skema wiring dengan tim sebelum implementasi - Lakukan simulasi skema wiring dengan software CAD - Buat SOP proses review dan verifikasi desain
7	Program tidak sesuai dengan desain	Sistem tidak berfungsi dengan baik	Kesalahan dalam penulisan kode program - Kurangnya review dan verifikasi program	5	4	2	40	Lakukan review kode program dengan tim sebelum implementasi - Lakukan pengujian unit dan integrasi program secara menyeluruh - Buat SOP proses review dan verifikasi program
10	Dimensi maket tidak sesuai dengan desain	Sistem tidak dapat dipasang dengan benar	Kesalahan dalam desain maket - Kesalahan dalam proses pencetakan	3	2	4	24	Lakukan verifikasi desain maket sebelum pencetakan - Lakukan kalibrasi printer 3D secara berkala - Buat SOP proses pencetakan 3D
11	Kualitas cetakan maket tidak baik	Penampilan maket tidak menarik	Kesalahan dalam pengaturan printer - Kualitas filamen yang buruk	2	2	3	12	Lakukan optimasi pengaturan printer - Gunakan filamen berkualitas tinggi - Buat SOP proses perawatan printer
12	Ketahanan maket rendah	Maket mudah rusak	Kesalahan dalam pemilihan bahan - Kesalahan dalam proses perakitan	2	3	4	24	Pilih bahan yang kuat dan tahan lama - Lakukan perakitan maket dengan hati-hati

Tabel 3. 1 FMEA

BAB 4 IMPLEMENTASI

4.1 Tahapan Implementasi

Tahapan implementasi dibagi beberapa bagian

1. Pembelian dan Rekapitulasi Komponen Sistem

Tahapan ini melibatkan rekapitulasi dan pembelian barang dan komponen yang sudah terbeli oleh departemen atau masing masing kelompok dengan rancangan awal yang sudah dibentuk oleh kelompok. Setelah itu dilakukan penyesuaian dan penyocokan antara spesifikasi komponen yang terbeli dengan komponen yang direkap pada RAB

2. Perancangan dan Penyusunan Skema Wiring Komponen Elektronik

Pada tahapan ini dilakukan penyusunan wiring untuk masing masing komponen yang terintegrasi dengan mikrokontroller (ESP32) sebagai pusat kontrol. Skema yang terbentuk juga melibatkan pembuatan wiring sensor dan PV, koneksi dengan relay, modul dan komponen lain seperti MPPT, BMS 3S, dan juga baterai agar dapat terkoneksi dengan mikrokontroller.

3. Penyusunan Program Konektivitas Mikrokontroller

Pada tahap ini, dibuat program untuk mikrokontroler yang akan mengatur dan mengontrol semua fungsi dari sistem. Program ini mencakup bagaimana mikrokontroler membaca data dari sensor, memproses data tersebut, mengirimkan data ke server Home Assistant dan kemudian data tersebut juga ditampilkan di oled. Pengujian program dilakukan untuk memastikan semua fungsi bekerja sesuai dengan desain yang diinginkan. Debugging dan optimasi kode juga dilakukan pada tahap ini.

4. Pencetakan 3D Print Untuk Maket Rumah dan Sistem BMS

Pada pencetakan 3D print ini kami merencanakan, dibuat menggunakan filamen PLA+ yang dimodifikasi dengan adanya mesin 3D print di laboratorium capstone yang memudahkan proses pembentukan maket sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Filamen PLA+ tersebut nantinya akan menjadi bentuk maket dari rumah. Setelah maket dengan ukuran yang diinginkan telah didapat, proses selanjutnya adalah pembentukan wadah sistem dari bahan yang sama.

5. Penyatuan komponen dan penyesuaian hasil implementasi dengan sistem yang dirancang

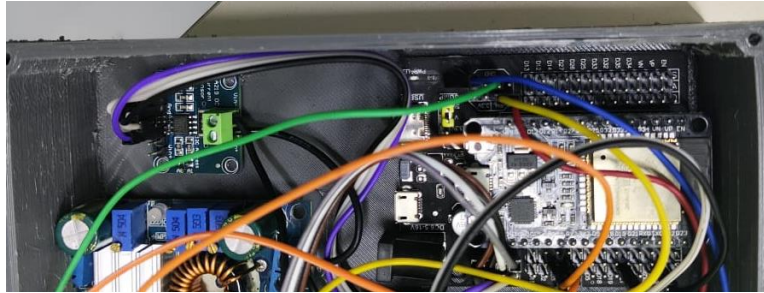
Langkah terakhir adalah menggabungkan semua komponen elektronik ke dalam maket yang telah dibuat. Semua komponen harus dipasang dan dihubungkan sesuai dengan skema wiring yang telah dirancang. Setelah semua komponen terpasang, dilakukan pengujian menyeluruh untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik dan sesuai dengan desain awal. Jika ditemukan masalah atau ketidaksesuaian, dilakukan penyesuaian dan modifikasi hingga sistem berfungsi dengan optimal.

4.2 Hasil Implementasi

4.2.1 Wiring

1. Sistem Sensor INA219

Pada tahapan ini, INA219 disambungkan ke ESP 32 untuk mendapatkan data yang dibaca oleh sensor ini, berupa arus, tegangan, dan daya.



Gambar 4. 1 Sensor INA219 Terkoneksi ESP 32

2. Sistem BMS 3S

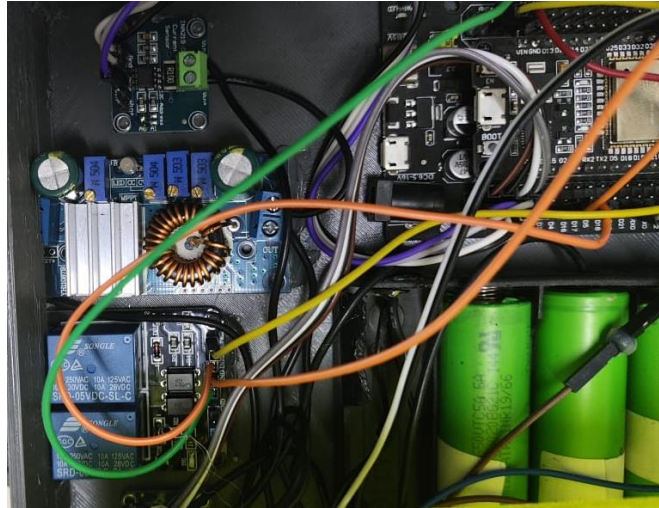
Pada tahapan ini, BMS disambungkan ke baterai case tujuannya untuk menyeimbangkan tegangan dan arus agar pembagian ke setiap sel baterai nya itu sama.



Gambar 4. 2 Sistem BMS 3S Tersambung Baterai

3. Sistem MPPT

Pada tahapan ini dirangkai sebuah sistem dengan mikrokontroler sebagai pusat kontrol yang terhubung dengan komponen elektronik lainnya seperti sensor, relay, dan OLED



Gambar 4. 3 Sistem MPPT

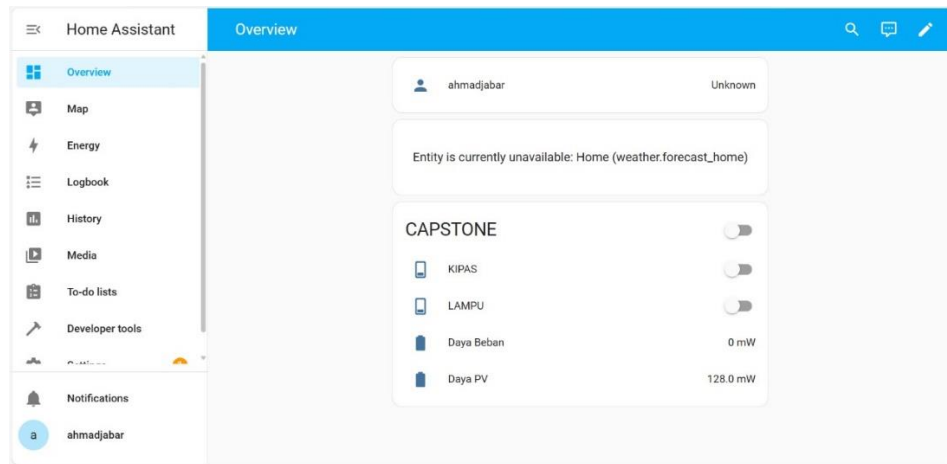
4. Konektivitas Mikrokontroller dan Relay Module
Tahapan ini meliputi perangkaian MPPT yang mendapat input berupa daya dari PV yang kemudian mengeluarkan daya output ke BMS untuk mengisi daya di baterai yang digunakan



Gambar 4. 4 Sistem Wiring Komponen Mikrokontroler

4.2.2 Program dan IoT

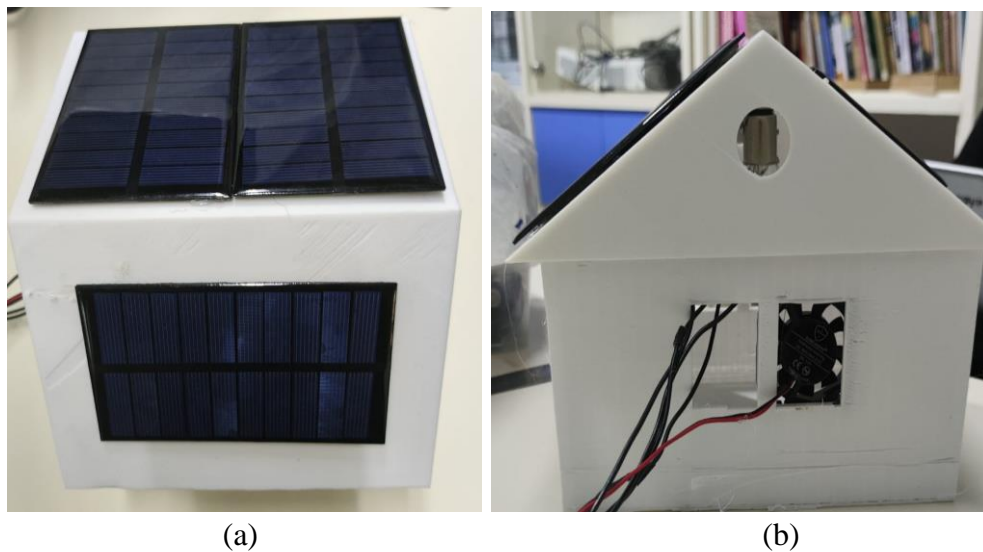
1. Pembuatan Kodingan Untuk Mikrokontroller
Tahapan ini meliputi pembuatan kodingan untuk mikrokontroller untuk mengatur dan mengontrol semua fungsi dari sistem. Pembuatan kodingan ini menggunakan VS Code dan platformIO.
2. Dashboard *Home Assistant*
Tahapan ini meliputi pembuatan kodingan yang menghubungkan antara mikronkontroller dan *Home Asisstant*, sehingga penggunaan energinya dapat di monitoring.



Gambar 4. 5 Dashboard *Home Assistant*

4.2.3 Maket

Tahapan ini meliputi pembuatan maket dari miniatur rumah dari sistem yang terbuat dari filamen PLA+. Filamen ini akan diolah mesin 3D print dan akan menghasilkan maket rumah yang sesuai dengan yang diinginkan. Setelah itu beberapa bagian tersebut disusun sehingga bisa menyerupai maket yang merepresentasikan rumah.



Gambar 4. 6 Maket Rumah Tampak Atas (a) dan Tampak Samping (b)

4.3 Kesesuaian Dengan Rencana

4.3.1 Luaran

Pada kegiatan ini dihasilkan berupa prototipe. Prototipe yang dihasilkan merupakan sebuah kontrol dan monitoring sistem BMS dan integrasi IOT pada *smart home* yang dirancang untuk mencapai efisiensi energi maksimal, keberlanjutan lingkungan, dan kemandirian energi di rumah tangga. Sistem ini memanfaatkan sensor-sensor untuk memonitor kondisi daya secara real-time yang kemudian dapat dijadikan acuan dalam pengolahan energi di rumah tangga.

Selain prototype luaran dari kegiatan ini juga berupa laporan kemajuan pembuatan prototype, yang dibagi menjadi beberapa jenis laporan. Jenis laporannya yaitu laporan spesifikasi (PRE 200), laporan perancangan (PRE 300), laporan implementasi (PRE 400), dan laporan pengujian (PRE 500). Laporan spesifikasi ini berisi tentang spesifikasi sistem yang dibuat seperti jenis dari masing-masing komponen yang dipakai, laporan perancangan berisi tentang desain dari prototype yang dibuat seperti desain mekanik, elektronik, dan pemrograman, dan laporan pengujian berisi tentang bagaimana pengujian dari prototype yang dibuat mulai dari komponen sampai sistemnya.

Luaran terakhir yaitu laporan akhir dari pembuatan prototype yang merupakan gabungan dari semua laporan kemajuan pembuatan prototype dan kesimpulan dari proyek yang telah dilakukan.

4.3.2 Hasil Evaluasi

Evaluasi terhadap prototipe sistem kontrol dan monitoring sistem BMS dan integrasi IOT pada *smart home* dilakukan untuk menilai efektivitas, efisiensi, dan keandalan sistem dalam kondisi nyata. Evaluasi ini melibatkan pengujian berbagai aspek teknis, operasional, dan ekonomis untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan manfaat. Beberapa analisa evaluasi saat pengujian ada alat yaitu:

1. Pemasangan dan fungsi sensor: Sensor INA219 berhasil dipasang di lokasi yang tepat dan berfungsi dengan baik. Data yang dikumpulkan akurat dan konsisten.
2. Integrasi sistem: Komponen sistem, termasuk sensor, BMS 3S, MPPT, OLED, ESP 32 terintegrasi dengan baik dan bekerja secara sinkron.
3. Akses jaringan: Jaringan IoT umumnya stabil dan mendukung komunikasi data secara *real-time*. Di beberapa area terpencil, perlu ditingkatkan infrastruktur jaringan untuk memastikan koneksi yang lebih stabil.
4. Responsif sistem: Sistem mampu merespons perubahan data dengan cepat, sehingga data yang dikirimkan dapat di monitor secara real time. Waktu respon sistem dapat ditingkatkan lebih lanjut dengan optimisasi algoritma pengendalian.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa prototipe sistem kontrol dan monitoring sistem BMS dan integrasi IOT pada *smart home* berhasil memenuhi sebagian besar tujuan yang telah ditetapkan. Sistem ini efektif dalam meningkatkan efisiensi energi maksimal, keberlanjutan lingkungan, dan kemandirian energi di rumah tangga. Beberapa area memerlukan perbaikan, seperti setting MPPT nya masih kurang maksimum. Namun, secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan potensi besar untuk diadopsi lebih luas di sektor pertanian nantinya.

4.3.3 Jadwal Kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Minggu														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Penentuan Topik dan Rencana Ide															
2	Pembuatan Proposal															
3	Penentuan Spesifikasi															
4	Perancangan Alat															
5	Implementasi dan Pengujian															

Tabel 4. 1 Jadwal Kegiatan

4.3.4 Deskripsi Pekerjaan Anggota

No.	Nama	NRP	Uraian Tugas
1	Niko Septian Kresno Nugroho	5022211020	Merancang dan Mendesain Alat
2	Muhammad Ikhsan	5022211075	Membuat Proposal dan Merancang Alat
3	Ahmad Jabar Ilmi	5022211038	Penentuan Spesifikasi dan Implementasi Pengujian
4	Isnuansa Maharani Puteri	5022211030	Membuat Proposal dan Pengujian Alat

Tabel 4. 2 Deskripsi Pekerjaan Anggota

BAB 5 PENGUJIAN

5.1 Pengujian Unit

Pada bagian pengujian ini, dilakukan evaluasi terhadap masing-masing komponen untuk memastikan setiap komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kinerja setiap komponen secara individual dan menentukan apakah mereka memenuhi standar operasional yang diharapkan. Hasil dari pengujian ini disajikan dengan tujuan memberikan gambaran yang jelas mengenai efektivitas dan efisiensi setiap komponen dalam melaksanakan tugasnya. Adapun hasil pengujian ini yaitu sebagai berikut :

1. Pengujian Sensor INA219

Pada pengujian sensor INA219 dilakukan dengan melakukan pengujian apakah sensor INA219 ini dapat membaca nilai tegangan, arus, dan daya yang diukur nya.

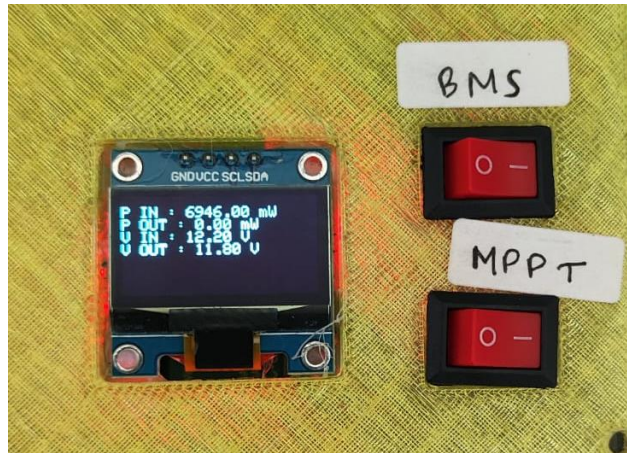


Gambar 5. 1 Bukti Pembacaan INA219

Dari gambar terlihat sensor INA219 dapat berfungsi karena dapat membaca nilai tegangan dan daya.

2. Pengujian BMS 3S

Pada pengujian BMS 3S dilakukan dengan menguji BMS dan dicek pada OLED apakah BMS dapat melakukan pengisian daya atau tidak pada baterai.

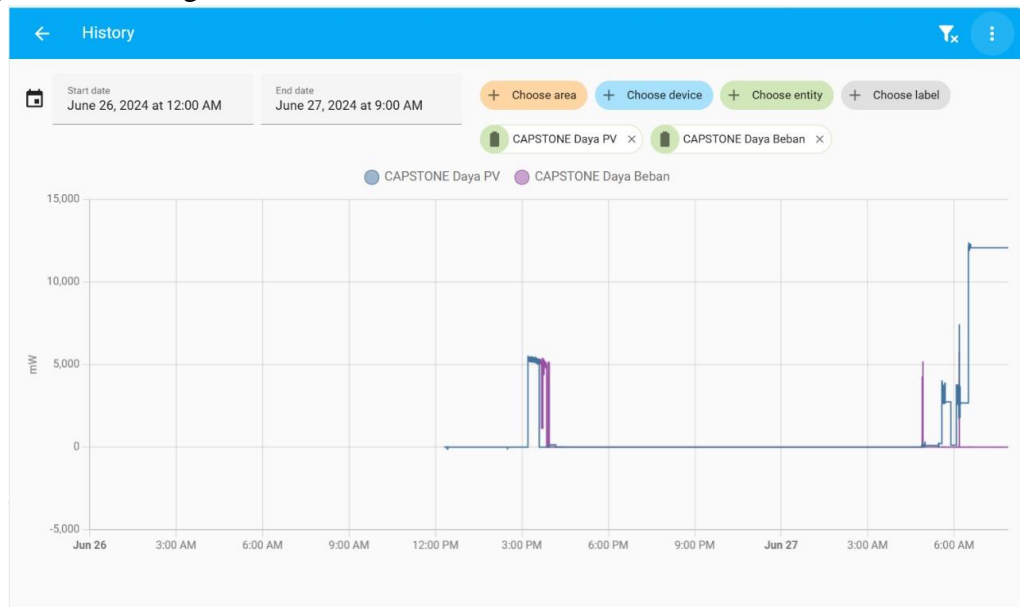


Gambar 5. 2 Bukti BMS Berfungsi

Dari gambar diatas terlihat bahwa BMS sudah bisa melakukan pengisian pada baterai dapat dilihat pada nilai ouputnya.

3. Pengujian MPPT

Pada pengujian MPPT ini dilakukan dengan cara menyambungkan MPPT dengan sebuah beban kemudian dilihat apakah MPPT dapat mengatur arus dan tegangan untuk mengisi baterai dengan baik atau tidak.

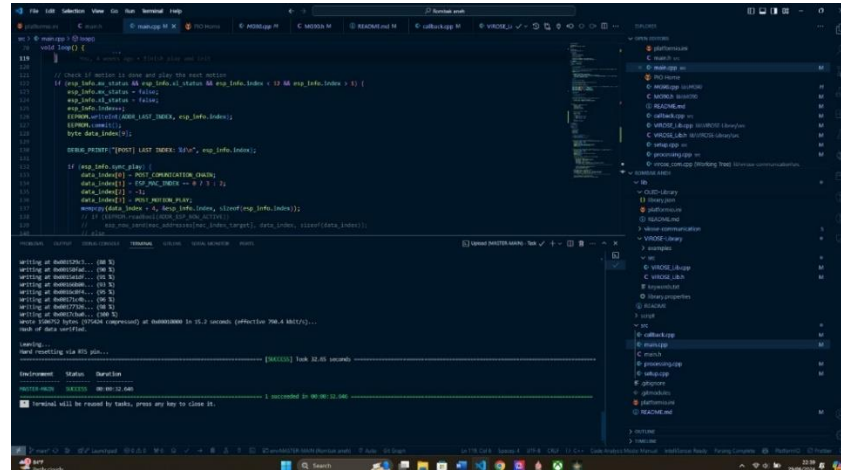


Gambar 5. 3 Pengujian MPPT

Dari gambar diatas, terlihat bahwa MPPT sudah bisa berfungsi.

4. Pengujian ESP32

Pada pengujian ESP32 ini dilakukan dengan memasukan sebuah code ke ESP 32 dan melihat hasilnya apakah codingan dapat dikirimkan dan dijalankan dengan benar.



Gambar 5. 4 Program Berhasil Diupload

5. Pengujian Baterai

Pada pengujian baterai ini dilakukan dengan menguji apakah baterai dapat melakukan pengisian daya atau tidak.



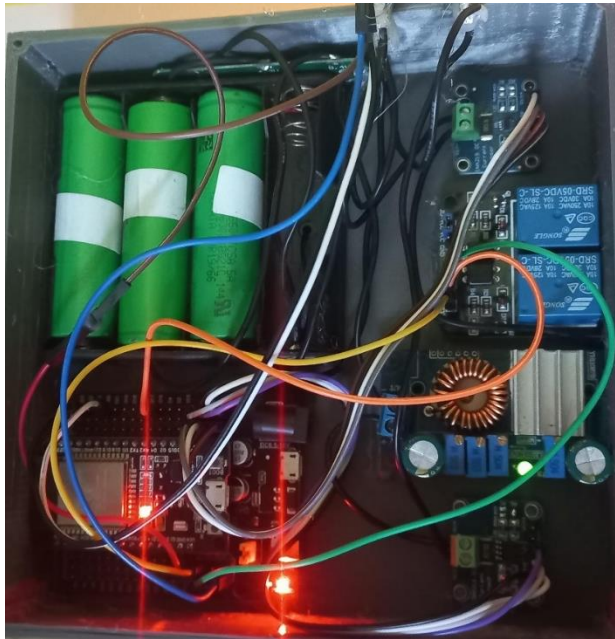
Gambar 5. 5 Bukti Baterai Dapat di isi

5.2 Pengujian Sistem

5.2.1 Pengujian Sistem Elektronik (Wiring)

Dalam pengujian sistem elektronik dari prototipe ini, dilakukan serangkaian simulasi dengan menggabungkan semua komponen sistem menjadi satu kesatuan sesuai dengan rancangan yang telah disusun. Setelah sistem dirangkai, simulasi dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh sistem berfungsi dengan baik dan sesuai dengan harapan. Proses ini mencakup pemeriksaan menyeluruh terhadap setiap aspek operasional untuk mengevaluasi kinerja dan integritas sistem secara keseluruhan. Hasil dari simulasi ini akan

memberikan informasi penting mengenai apakah sistem ini berjalan sesuai dengan spesifikasi dan tujuan yang telah ditetapkan dalam perancangan awal.



Gambar 5. 6 Wiring Keseluruhan



Gambar 5. 7 Kipas Menyala

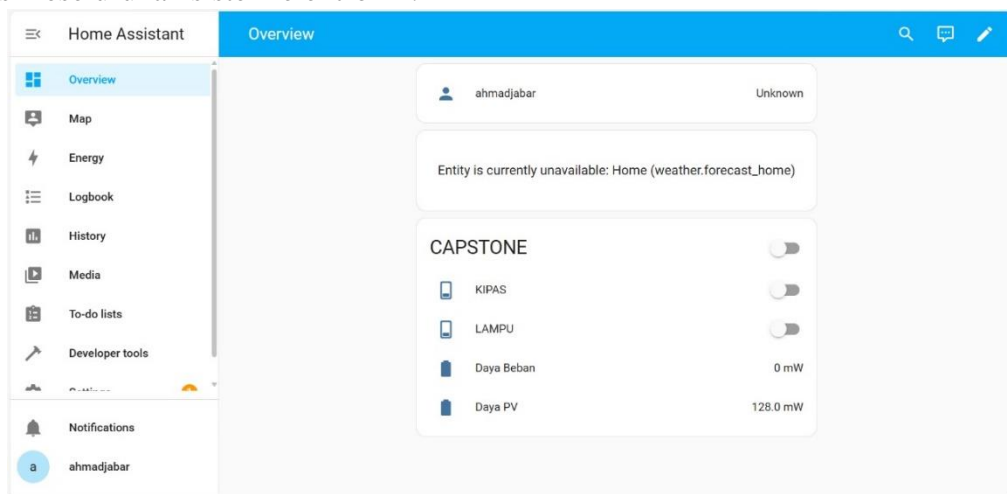


Gambar 5. 8 Lampu Menyala

Dari gambar diatas terlihat bahwa sistem elektronik sudah berfungsi dengan baik karena sudah bisa mengakirkan listrik sehingga lampu dan kipas menyala.

5.2.2 Pengujian Program

Pengujian program ini dilaksanakan setelah sistem elektronik pada prototipe berhasil diimplementasikan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan mikrokontroller dalam mengatur dan mengontrol seluruh fungsi sistem dengan efektif. Proses pengujian dan evaluasi dilakukan secara berkelanjutan untuk memastikan bahwa mikrokontroller mampu menjalankan setiap perintah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan dalam fase perancangan. Hal ini termasuk mengidentifikasi dan memperbaiki potensi kesalahan atau kekurangan dalam kode program, serta memverifikasi integrasi yang tepat antara perangkat keras dan perangkat lunak. Evaluasi berlanjut hingga semua aspek program teruji dengan baik, sehingga dapat dipastikan bahwa mikrokontroller berfungsi secara optimal dalam mengelola operasi keseluruhan sistem elektronik.

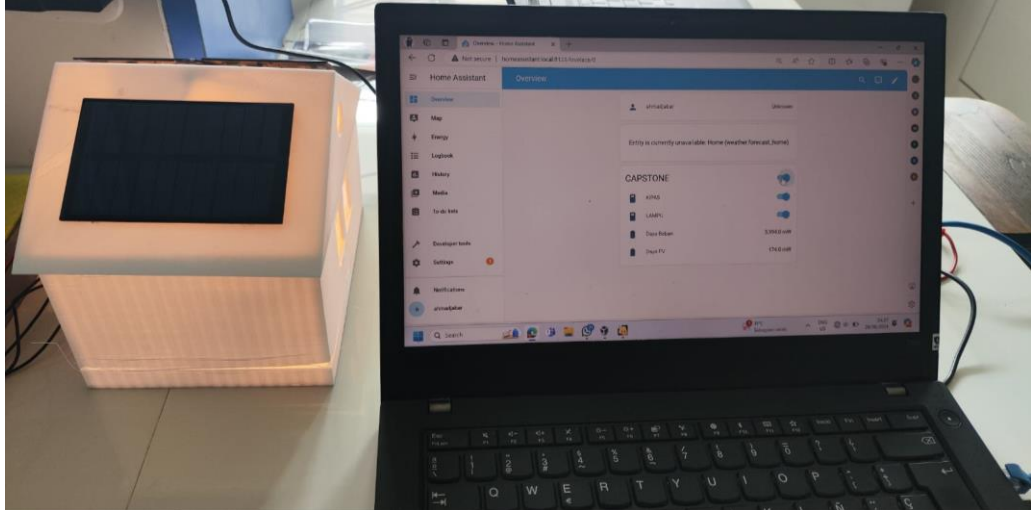


Gambar 5. 9 Hasil Tampilan Home Assistant

Dari gambar tersebut, dapat dilihat bahwa mikrokontroller sudah dapat melakukan perintah yang diinginkan yaitu melakukan kontrol dan monitoring sistem BMS dan integrasinya IOT pada smart home.

5.2.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian semua sistem, baik sistem elektronik atau program sudah terintegrasi dengan baik karena prototype yang dibuat sudah bisa melakukan kontrol dan monitoring dengan baik.



Gambar 5. 10 Pengujian Keseluruhan Sistem

5.3 Kesesuaian Dengan Proposal

Secara garis besar, prototype ini mencapai kesesuaian dengan proposal yang diajukan, yang mengarah pada tujuan utama pengembangan, yaitu merancang dan menerapkan sistem monitoring daya BMS yang terintegrasi dengan teknologi Photovoltaic (PV) dan smart home. Keberhasilan implementasi ini tercermin dari kemampuan prototype dalam memonitor daya pada BMS serta kemampuannya untuk dikontrol, sebagaimana telah dibahas pada bab sebelumnya. Prototype ini menjadi langkah awal yang signifikan dalam pengembangan teknologi baru untuk monitoring daya dari sistem PV, dengan tujuan mencapai efisiensi energi maksimal, keberlanjutan lingkungan, dan meningkatkan kemandirian energi di rumah tangga.

Meskipun demikian, terdapat sedikit perbedaan dalam anggaran biaya yang diajukan dan yang dihabiskan. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk ketidaksesuaian spesifikasi alat yang dibutuhkan dengan yang sebenarnya dibeli, atau kebutuhan tambahan peralatan yang tidak terduga. Sebagai hasilnya, perlu dilakukan pengadaan kembali beberapa peralatan agar memenuhi spesifikasi yang diperlukan.

Perbedaan anggaran ini, meskipun tidak signifikan, tetap memberikan dampak pada keseluruhan biaya proyek. Oleh karena itu, penting untuk melakukan evaluasi lebih lanjut dan penyesuaian anggaran jika diperlukan, agar pengembangan sistem dapat tetap berjalan sesuai dengan rencana dan tujuan awal. Hal ini juga menjadi pembelajaran penting untuk perencanaan proyek di masa depan, di mana estimasi anggaran harus lebih detail dan fleksibel terhadap perubahan dan kebutuhan yang mungkin muncul selama proses pengembangan.

Dengan demikian, meskipun terdapat beberapa kendala kecil terkait anggaran, keberhasilan utama dari proyek ini tetap dapat diklaim. Prototype yang telah dihasilkan tidak hanya memenuhi tujuan yang ditetapkan dalam proposal, tetapi juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang teknologi monitoring daya dari sistem PV, yang berpotensi memberikan kontribusi besar dalam upaya efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Haq, I. N., Leksono, E., Iqbal, M., Sodami, F. X. N., Nugraha, Kurniadi, D., & Yulianto, B. (2014). Development of battery management system for cell monitoring and protection. *Proceedings of 2014 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science, ICEECS 2014, November*, 203–208. <https://doi.org/10.1109/ICEECS.2014.7045246>
- Ihsan, I., & Aditya, A. wahyu. (2021). Rancang Bangun Battery Monitoring System (BMS) berbasis LabVIEW. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 9(1), 44–49. <https://doi.org/10.32487/jtt.v9i1.972>
- Xu, G. N., Du, X. W., Li, Z. J., Liu, H. L., Zheng, M. X., & Xu, B. L. (2019). Research on BMS of large scale battery energy storage power station. *IET Conference Publications, 2019(CP764)*, 1–6. <https://doi.org/10.1049/cp.2019.0562>

LAMPIRAN

Lampiran RAB

No.	Jenis Barang	Nama Barang	Total Harga (Rp)
1	Bahan lain	Mini PV	Rp41.700
2	Bahan lain	MPPT	Rp55.000
3	Komponen Elektronika Analog	BMS 3S	Rp27.000
4	Mikrokontroler	Baterai Li-Ion	Rp25.000
5	Komponen Elektronika Analog	Sensor Arus	Rp42.000
6	Komponen Elektronika Analog	ESP 32	Rp67.500
7	Komponen Elektronika Analog	Expansion Board ESP 32	Rp20.000
8	Komponen Elektronika Analog	LED	Rp575
9	Komponen Elektronika Analog	Mini Fan	Rp30.000
10	Komponen Elektronika Analog	Kabel AWG	Rp38.000
11	Mikrokontroler	Relay 12v	Rp21.798
12	Mikrokontroler	Push Button tactile 2 Kaki	Rp175.000
13	Komponen Elektronika Analog	OLED 0,96 inch i2c	Rp29.000
14	Bahan lain	Cetak PCB	Rp30.000
Total			Rp602.573