

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PLTS OFF-GRID UNTUK ELEKTRIFIKASI PERALATAN DAPUR : STUDI KASUS COOKER HOOD DAN RICE COOKER DENGAN FITUR MONITORING

Wildan Rakai Fajar Dewantara; Umar, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Ketergantungan terhadap pasokan listrik konvensional dari PLN memicu risiko terganggunya aktivitas rumah tangga, khususnya pada area dapur yang memerlukan energi listrik secara kontinu untuk mengoperasikan peralatan seperti *rice cooker* dan *cooker hood*. Sebagai solusi kelistrikan yang mandiri, andal, dan ramah lingkungan, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* guna memenuhi kebutuhan energi peralatan dapur, sekaligus membangun fitur pemantauan (*monitoring*) berbasis *Internet of Things* (IoT) secara *real-time*. Metodologi penelitian dilakukan secara sistematis melalui tahap studi literatur, perancangan perangkat keras dan lunak, perangkaian komponen, serta pengujian alat. Sistem yang dibangun menggunakan satu panel surya 160 Wp, MPPT PowMr 25 A, dua aki NS701 12V 70 Ah paralel, serta inverter *Pure Sine Wave* (PSW) Tafware 800W. Pemantauan sistem berbasis IoT dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke aplikasi Blynk melalui WiFi menggunakan sensor PZEM-017 (DC) dan PZEM-004T (AC). Hasil pengujian selama tiga hari menunjukkan daya tertinggi panel surya mencapai 121,18 W pada cuaca cerah di siang hari. Pada pengujian beban AC, daya tertinggi sistem menyentuh angka 400,77 W saat *cooker hood* dan *rice cooker* dinyalakan bersamaan. Pengujian sistem IoT membuktikan fitur monitoring berfungsi normal dan valid dengan rata-rata persentase eror pembacaan sensor yang sangat rendah terhadap alat ukur manual, yakni berkisar antara 0,34% hingga 3,11%. Secara keseluruhan, sistem PLTS *off-grid* ini dinilai handal dan mampu memenuhi kebutuhan elektrifikasi peralatan dapur secara mandiri, bahkan memiliki surplus energi untuk kebutuhan listrik dapur lainnya.

Kata Kunci: Blynk, Energi Terbarukan, ESP32, IoT, Inverter PSW, MPPT, Peralatan Dapur, PLTS Off-Grid, PZEM-004T, PZEM-017.

Abstract

Dependence on conventional electricity supply from PLN triggers risks of disrupted household activities, particularly in the kitchen area which requires a continuous energy supply to operate appliances such as rice cookers and cooker hoods. As an independent, reliable, and environmentally friendly electrical solution, this study aims to design and implement an Off-Grid Solar Power Plant (PLTS) system to meet the energy needs of kitchen appliances, while establishing a real-time monitoring feature based on the Internet of Things (IoT). The research methodology was carried out systematically through the stages of literature study, hardware and software design, component assembly, and tool testing. The constructed system utilizes a single 160 Wp solar panel, a 25 A PowMr MPPT, two parallel NS701 12V 70 Ah batteries, and a 800W Tafware Pure Sine Wave (PSW) inverter. The IoT-based system monitoring is controlled by an ESP32 microcontroller connected to the Blynk application via WiFi using PZEM-017 (DC) and PZEM-004T (AC) sensors. The three-day test results showed that the highest solar panel power reached 121.18 W under clear weather conditions at noon. In the AC load test, the system's peak power reached 400.77 W when both the cooker hood and rice cooker were turned on simultaneously. Testing of the IoT system proved that the monitoring features function normally and validly with a very low average sensor reading error rate against manual measuring instruments, ranging between 0.34% and 3.11%. Overall, this off-grid

PLTS system is deemed reliable and capable of independently fulfilling the electrification needs of kitchen appliances, even possessing a surplus of energy for other kitchen electrical demands.

Keywords: Blynk, Energy, ESP32, Inverter PSW, IoT, MPPT, Off-Grid Solar Power Plant, Kitchen Appliances, PZEM-004T, PZEM-017, Renewable..

1. PENDAHULUAN

Listrik adalah suatu energi yang pada zaman sekarang sangat dibutuhkan oleh manusia baik untuk kebutuhan sehari-hari maupun pekerjaan. Manusia pada hampir seluruh pekerjaan memerlukan energi listrik untuk mempermudah pekerjaan dan menyingkat waktu. Energi Listrik yang tidak mencukupi kebutuhan akan mengganggu aktivitas yang sedang dilakukan, maka dari itu ketersediaan energi listrik harus terjaga. Seiring dengan adanya pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi yang semakin maju pada tiap tahunnya menjadi salah satu faktor yang menyebabkan meningkatnya permintaan kebutuhan listrik (Jamilatun et al., 2025).

Kebutuhan dapur menjadi salah satu faktor utama dalam meningkatnya populasi manusia di dunia terutama pada negara asia yang mayoritas memakan nasi, yang mana nasi dimasak dengan *rice cooker* yang memerlukan listrik. *Cooker hood* juga berperan penting untuk mengeluarkan bau masakan keluar dapur pada saat memasak diatas kompor supaya bau dari masakan tidak terjebak di dalam ruangan. Akan tetapi kedua alat tersebut memerlukan listrik dalam penggunaannya, yang mana di indonesia listrik hanya dimiliki oleh PLN dan dapat terjadi pemadaman kapan saja apa bila jaringan terganggu, Oleh karena itu untuk mengatasi pemadaman tersebut, diperlukan solusi kelistrikan yang mandiri, handal, efisien, dan ramah lingkungan untuk keperluan dapur. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan penggunaan energi alternatif berupa cahaya matahari dengan menggunakan PLTS supaya dapat menjadi listrik (Setyawan & Ulinuha, 2022).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi pilihan sebab indonesia memiliki cahaya matahari yang cukup baik untuk dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik karena berada di garis khatulistiwa dan membuat indonesia beriklim tropis, dan mempunyai potensi besar karena memiliki energi surya yang sangat melimpah, dengan rata-rata intensitas sinar matahari yang bisa didapatkan sebesar 4,8 kWh/m² tiap harinya (Alim et al., 2023). Nilai tersebut bisa di bilang cukup tinggi untuk dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik karena sinar matahari tersebut ada pada sepanjang tahun. Pemanfaatan tersebut dapat dianggap sebagai strategi efektif dalam memenuhi permintaan energi rumahan pada saat terjadi pemadaman listrik.

Supaya dapat memanfaatkan energi matahari dengan efisien penggunaan SCC dengan jenis *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) sangat dibutuhkan untuk memaksimalkan daya yang

didapat dari panel surya, apabila dibandingkan dengan PWM. Dengan menggunakan MPPT, sistem pengecasan dari panel surya menjadi jauh lebih efisien dengan nilai hingga 30% tergantung berapa voltase pada baterai serta berapa nilai voltase operasi yang didapatkan panel surya (Alvandy et al., 2024). Untuk dapat menyalakan *cooker hood* dan *rice cooker* sistem memerlukan adanya inverter untuk mengubah arus DC dari aki menjadi arus AC, untuk inverter yang di gunakan adalah jenis Pure Sine Wave (PSW), karena inverter jenis ini mampu menghasilkan keluaran dengan gelombang sinus yang murni, hal tersebut membuat Inverter jenis ini mampu menghasilkan kinerja yang sangat baik terhadap motor listrik maupun dengan beban induktif lainnya (Lastry et al., 2023).

PLTS merupakan suatu sistem yang kompleks dan memerlukan pengawasan secara berkala supaya dapat mencegah terjadinya kegagalan sistem karena ketidaktahuan mengenai pemeliharannya (Karjadi, 2025). Monitoring sistem secara *real-time* sangat dibutuhkan supaya pengguna dapat mengetahui performa dari sistem PLTS yang di gunakan, karena efisiensi pada solar cell atau solar panel ini sangat dipengaruhi oleh kondisi pada solar cell tersebut maupun iradiasi yang didapat dari matahari (Ramdan & Damayanti, 2024). Pengawasan secara berkala umumnya hanya dapat dilakukan pengukuran secara langsung maupun dari indicator yang tertempel pada system, maka dari itu *Internet Of Things* (IoT) berperan penting untuk memudahkan pengawasan dan dapat meningkatkan produktivitas maupun efisiensi pada sistem (Samsumar et al., 2023) karena dapat dilakukan dari mana saja dan secara real time. IoT merupakan suatu teknologi yang memungkinkan pengendalian, komunikasi, serta kerjasama antar perangkat keras dan pertukaran data melalui jaringan internet (Sari et al., 2024). supaya sistem monitoring dapat tersambung dengan IoT adalah dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai komponen utama pada sistem monitoring untuk menerima data (Muqorrobin et al., 2021), yang mana data yang diterima oleh ESP32 didapatkan dari 2 sensor yang masing masing berfungsi sebagai sensor arus AC dan sensor arus DC.

Sensor arus AC yang digunakan pada sistem ini adalah PZEM-017 yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, dan daya secara real-time untuk kemudian akan di kirimkan ke esp32 (Irtany & Rochman, 2026) untuk dapat berkomunikasi dengan ESP32, PZEM-017 memerlukan converter yaitu RS485 sebagai penghubung ESP32 dengan PZEM-017 melalui komunikasi Modbus RTU (Bayu et al., 2024). Sensor berikutnya yang digunakan untuk mengukur arus AC dari keluaran inverter dengan menggunakan Sensor PZEM-004T yang mana sensor ini mampu mengukur beberapa variabel secara sekaligus antara lain Tegangan, Daya, Arus, Frekuensi, Energi, serta Power Factor secara real-time (Putra et al., 2025). kemudian data yang telah didapat dari sensor akan dikomunikasikan ke ESP32.

Berdasarkan permasalahan tersebut penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sistem PLTS *off-grid* yang mampu digunakan untuk menyuplai listrik pada kebutuhan peralatan dapur

terutama *cooker hood* dan *rice cooker* yang kemudian diberikan sistem monitoring berbasis IoT untuk pemantauan sistem dari jarak jauh dengan memanfaatkan ESP32 sebagai mikrokontroler yang tersambung langsung ke internet, kemudian data yang telah didapatkan oleh ESP32 dari sensor PZEM017 dan PZEM004T akan tertampil pada aplikasi Blynk dalam smartphone pengguna secara real time selama ESP32 terhubung ke internet(Irtany & Rochman, 2026).

2. METODE

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa metode yang dilakukan secara bertahap dan sistematis. metode awal yang digunakan adalah studi literatur dengan tujuan untuk dapat memperoleh referensi serta landasan yang relevan terkait dengan alat yang akan dibuat serta observasi kebutuhan alat apa saja yang di butuhkan untuk kemudian dikembangkan. Tahap selanjutnya merupakan tahap kedua yaitu tahap perancangan alat yang mana tahap ini mencakup perancangan hardware maupun perancang software yang akan di gunakan pada alat, dengan berdasarkan hasil yang didapat pada tahap pertama yaitu studi literatur. Tahap berikutnya merupakan tahap ketiga yaitu tahap perangkaian alat atau implementasi, yaitu proses di mana penulis merangkai seluruh komponen yang sebelumnya telah dirancang pada tahap ke 2 supaya terbentuk alat yang solid dan siap dioperasikan. Tahap ke empat atau terakhir berupa tahap pengambilan data dan pengujian sistem yang mana pengujian ini perlu dilakukan untuk dapat mengevaluasi kinerja maupun fungsi alat yang telah dirakit berfungsi atau tidak, sekaligus pada tahap ini juga dilakukan pengambilan data pada alat yang telah dirakit, yang mana hasil dari pengambilan data tersebut dapat dilakukan dianalisis dan dilakukan penilaian apakah masih ada ketidaksesuaian pada alat, apabila ada ketidaksesuaian pada data yang diambil dapat digunakan sebagai dasar untuk perbaikan dan dilakukan pengujian ulang, kemudian tahap paling akhir Adalah penyusunan laporan penelitian.

2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Tujuan perancangan dan implementasi sistem PLTS off-grid untuk elektrifikasi peralatan dapur : studi kasus cooker hood dan rice cooker dengan fitur monitoring adalah untuk membuat kebutuhan listrik dapur dapat terpenuhi dengan menggunakan sistem yang mandiri dan memudahkan monitoring sistem PLTS. Daftar alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan sistem ini dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 1. Alat dan Bahan

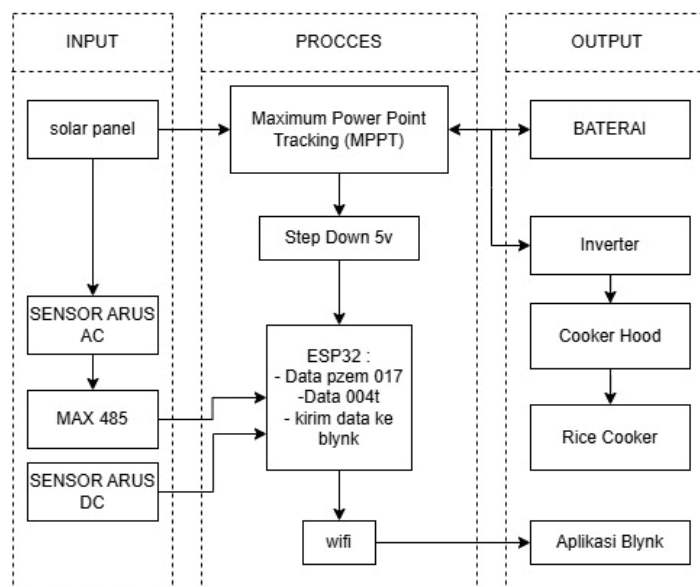
Alat dan Bahan	Jumlah
Panel Surya 160wp	1
<i>Maximum Power Point Tracking (MPPT)</i>	1
Inverter 800w	1
Aki ns70l	2
Pzem 017	1
Pzem 004t	1

RS485	1
Esp 32	1
Step Down	1

Sistem ini merupakan sistem PLTS Off-grid yang menggunakan berbagai komponen utama, antara lain panel surya berkapasitas 160 Wp yang disambungkan dengan *Maximum Power Point Tracking*(MPPT) lalu terhubung dengan aki N701 dengan kapasitas 70 Ah dan inverter dengan kapasitas 800W. Sistem PLTS tersebut kemudian berfungsi untuk menyuplai listrik ke peralatan dapur terutama Cooker hood dan Rice cooker. Sistem tersebut kemudian akan tersambung ke sistem monitoring dengan menggunakan komponen, antara lain ESP32 untuk menjadi mikrokontroler yang mengendalikan sistem dan menerima data dari sensor PZEM-017, RS485, dan sensor PZEM-004T. Data yang didapat dari PZEM-017 antara lain Tegangan, Arus dan daya, lalu data tersebut akan dikomunikasikan oleh RS485 untuk kemudian dapat dikomunikasikan oleh ESP32, sedangkan untuk PZEM-004T akan mendapat lebih banyak data antara lain Tegangan, Daya, Arus, Frekuensi, Energi, serta Power Factor yang kemudian data dari sensor tersebut akan langsung dapat diolah oleh ESP32 yang kemudian data dari sensor yang telah diolah oleh ESP32 akan di kirimkan melalui internet ke aplikasi blynk.

2.2 Perancangan Sistem Alat

Perancangan alat sangat di butuhkan supaya sistem yang akan dibuat menjadi lebih matang dan terstruktur serta komponen apa saja yang digunakan dan bagaimana urutan komponen yang terpasang pada sistem, pada sistem yang dibuat pada tugas akhir ini menggunakan komponen dan urutannya seperti yang tertera pada gambar 1.



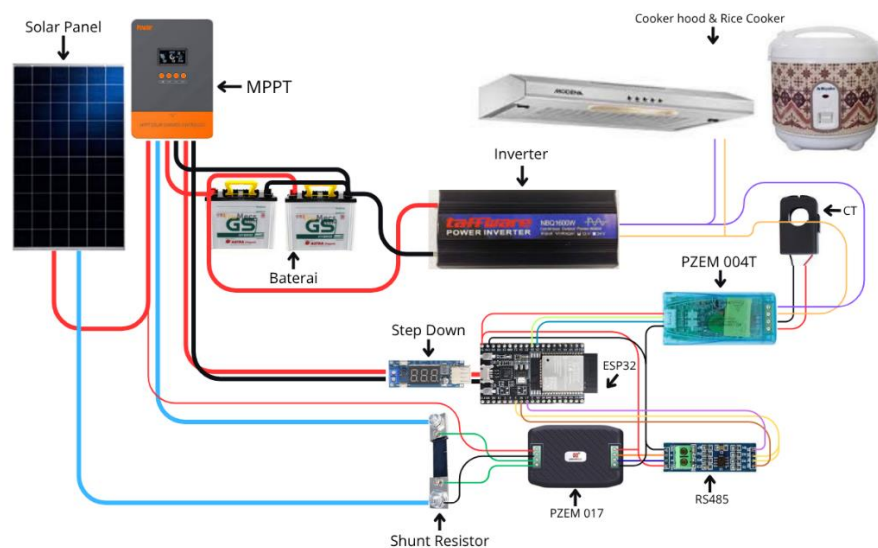
Gambar 1. Block Diagram Sistem

Sistem PLTS Off-Grid untuk elektrifikasi peralatan dapur studi kasus cooker hood dan rice

cooker dengan fitur monitoring memiliki tiga bagian utama, yaitu input, process, serta output. Data pada sistem didapatkan dari input, antara lain solar panel untuk sumber daya pada sistem PLTS, kemudian sensor PZEM – 017 digunakan untuk monitoring tegangan, daya dan arus DC dari input solar panel, berikutnya ada PZEM-004T yang berfungsi sebagai monitoring untuk arus AC yang digunakan memonitor Tegangan, Daya, Arus, Frekuensi, Energi, serta Power Factor. Berikutnya ada bagian process, seluruh input tadi dikendalikan menggunakan mikrokontroler berupa ESP32 yang terhubung dengan daya dari solar panel yang terhubung ke MPPT dan tegangannya diturunkan dengan menggunakan step-down 12v to 5v DC-DC. ESP32 kemudian dapat terhubung ke internet dengan menggunakan Wifi yang kemudian akan mengirimkan data secara real-time ke aplikasi Blynk. Berikutnya ada bagian terakhir yaitu bagian output. Sistem PLTS ini memiliki, output yang terdiri dari aki dan inverter yang terhubung dengan 2 beban yaitu ada *cooker hood* dan juga *rice cooker*. Aki pada sistem diisi dengan menggunakan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT), berikutnya ada inverter yang berfungsi untuk mengubah daya DC dari aki menjadi daya AC yang tersambung dengan beban *cooker hood* untuk menyedot bau masakan keluar dari dapur dan *rice cooker* untuk memasak nasi.

2.3 Perancangan Alat

Sama seperti dengan perancangan sistem, perancangan alat juga tidak kalah penting supaya *wiringan* yang akan dipasang pada sistem tidak terbalik dan sistem dapat berjalan dengan baik, pada tugas akhir ini wiring diagram ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini

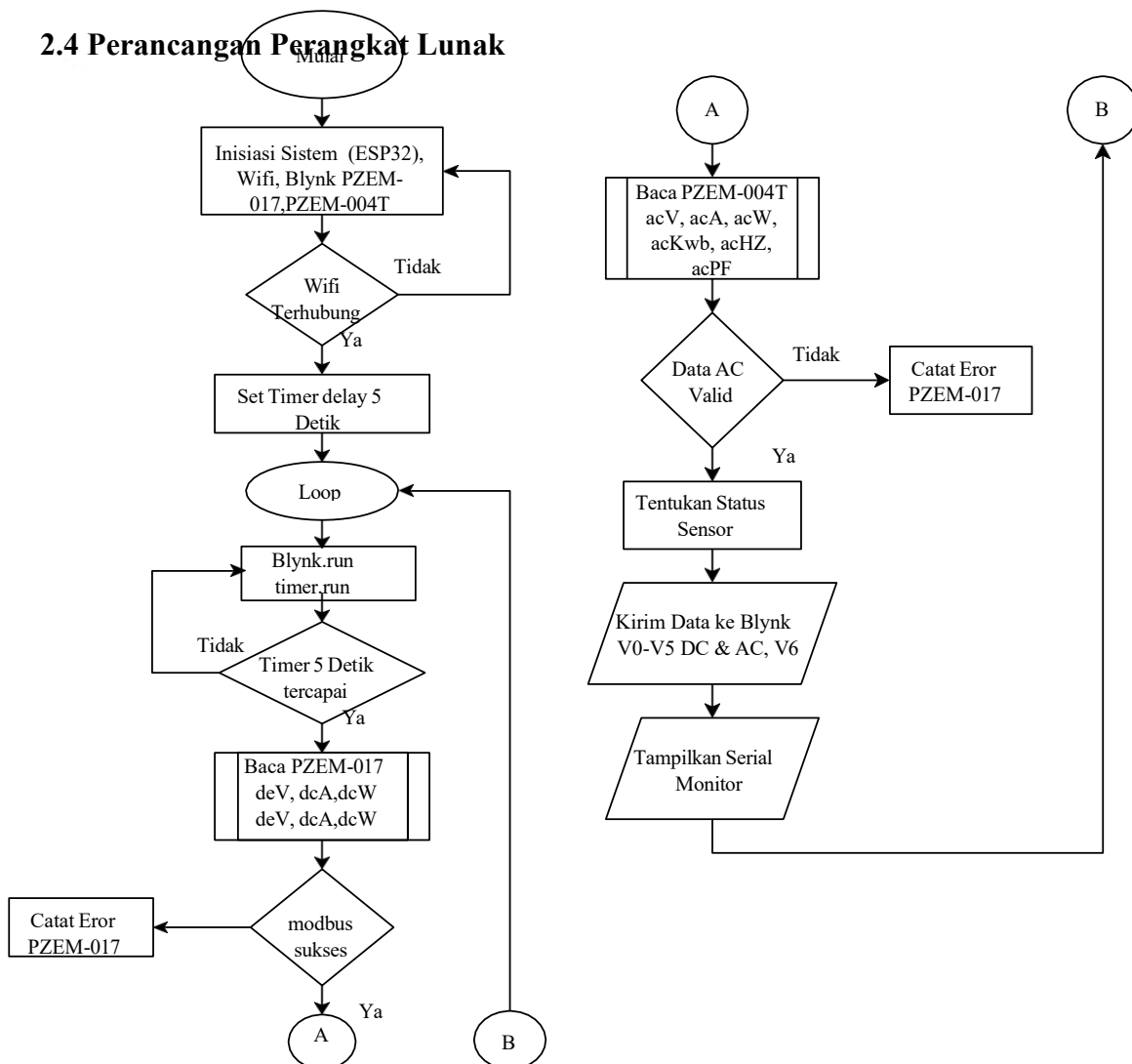


Gambar 2. Wiring Diagram Sistem

Gambar 2 menunjukkan wiring diagram dari sistem alat yang telah dirancang. Sumber daya utama adalah dengan menggunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pembangkit tersebut di pilih supaya kebutuhan dapur memiliki sumber daya yang mandiri dan tidak bergantung dengan listrik PLN. Panel surya yang di gunakan memiliki kapasitas sebesar 160 Wp untuk kemudian

dapat menyuplai daya ke aki dan juga beban dengan melalui *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) dengan merek PowMr yang berfungsi sebagai pengatur proses pengisian aki. Sensor PZEM – 017 berada diantara panel surya dan MPPT dengan fungsi untuk dapat mendeteksi tegangan, daya, dan arus yang dicas ke aki. 2 buah aki dengan tipe NS701 12V yang masing masing sebesar 70 Ah disambung secara paralel supaya tegangan tetap sama antar aki, aki tersebut digunakan untuk menyimpan energi sekaligus sebagai sumber daya supaya beban *cooker hood* dan *rice cooker* dapat menyala, dengan sebelumnya dilakukan konversi dari arus sumber di aki yang berupa arus searah (DC) supaya dapat menjadi arus bolak-balik (AC) dengan menggunakan inverter dengan merek Tafware 800w. Pada keluaran inverter terdapat clamp meter yang terhubung ke PZEM-004T yang kemudian langsung terhubung ke ESP32 lalu pada PZEM 017 kemudian tersambung ke RS485 supaya dapat terbaca oleh ESP32. Tegangan yang semula 12V dari MPPT kemudian dilakukan penurunan tegangan dengan menggunakan step-down DC to DC menjadi 5v sebelum berikutnya dapat dialirkan ke ESP32. ESP32 yang berfungsi menjadi mikrokontroler memiliki fungsi untuk menjadi pusat pengolahan data yang didapatkan dari input yang berikutnya akan di kirim ke output maupun aktuator. Sistem ini memiliki 2 buah input utama antara lain ada sensor PZEM-017 dan PZEM-004T.

2.4 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 3. Flowchart Perangkat Lunak

Berdasarkan Gambar 3 di atas menampilkan flowchart pada sistem IoT yang digunakan, proses sistem diawali dengan inisialisasi komponen, yaitu ESP32, modul WiFi, platform Blynk IoT, sensor daya DC PZEM-017, dan sensor daya AC PZEM-004T. Setelah proses inisialisasi selesai, sistem melakukan proses koneksi ke jaringan WiFi. Apabila koneksi WiFi belum berhasil, sistem akan terus mencoba hingga koneksi terbentuk. Setelah WiFi terhubung, sistem mengatur timer untuk delay dengan interval selama 5 detik dan masuk ke dalam loop utama yang berjalan secara terus-menerus. Pada loop utama, sistem menjalankan fungsi `Blynk.run()` untuk menjaga koneksi dengan server Blynk tetap aktif dan `timer.run()` untuk memantau waktu pengiriman data supaya sesuai dengan delay yang telah di setting. Sistem kemudian memeriksa apakah timer 5 detik telah tercapai. Apabila belum tercapai, sistem akan kembali menjalankan fungsi `Blynk.run()` dan `timer.run()`. Apabila timer telah tercapai, sistem melanjutkan ke proses pembacaan sensor.

Proses pembacaan sensor dilakukan secara berurutan. Pertama, sistem membaca data dari PZEM-017 melalui protokol Modbus RTU untuk memperoleh nilai tegangan DC, arus DC, dan daya DC dari panel surya. Sistem kemudian memeriksa apakah komunikasi Modbus berhasil. Apabila tidak berhasil, sistem akan mencatat pesan kesalahan PZEM-017 pada Serial Monitor. Apabila berhasil, sistem melanjutkan ke pembacaan sensor berikutnya. Kemudian, sistem membaca data dari PZEM-004T untuk memperoleh nilai tegangan AC, arus AC, daya AC, energi kumulatif, frekuensi, dan faktor daya beban. Sistem kemudian memeriksa validitas data yang diperoleh. Apabila data tidak valid, sistem akan mencatat pesan kesalahan PZEM-004T pada Serial Monitor. Apabila data valid, sistem menentukan status keseluruhan sensor berdasarkan kondisi masing-masing sensor, yaitu "Semua Sensor OK" apabila kedua sensor berhasil terbaca, atau pesan kesalahan spesifik apabila salah satu maupun keduanya gagal.

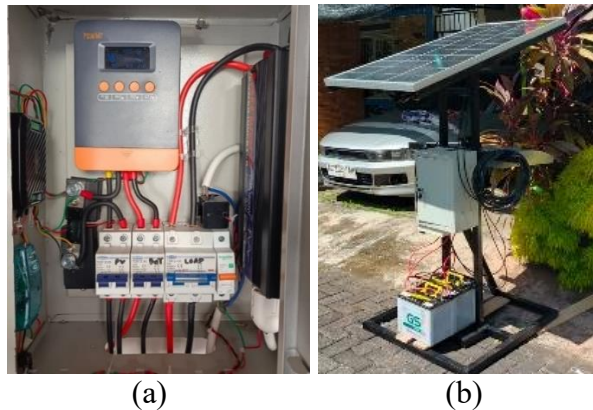
Data yang berhasil terbaca kemudian dikirimkan ke platform Blynk melalui virtual pin V0 hingga V6 yang mencakup seluruh parameter DC dan AC beserta status sensor. Secara bersamaan, data juga ditampilkan pada Serial Monitor sebagai referensi pemantauan lokal. Setelah proses pengiriman data selesai, sistem kembali ke loop utama untuk menunggu interval berikutnya dan melanjutkan proses pemantauan secara berkelanjutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tampilan Alat

3.1.1 Tampilan Sistem PLTS

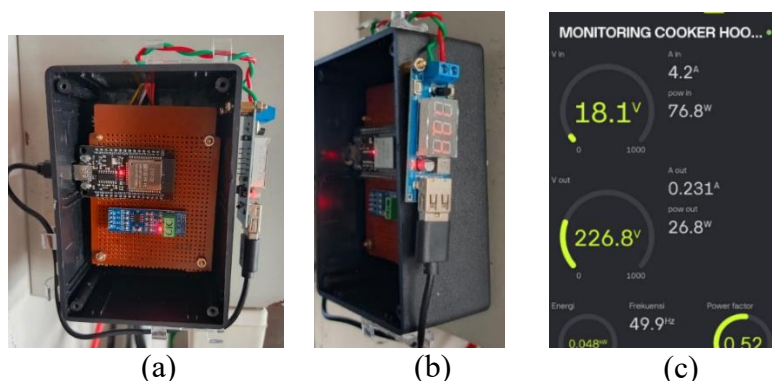
Setelah sebelumnya dilakukan perancangan maka sistem dapat dirangkai dan disusun sesuai dengan rancangan yang telah dibuat, di mana pada tugas akhir sistem PLTS off-grid yang telah dibuat tertampil pada gambar 4 a dan 4 b



Gambar 4. Rangkaian dalam box panel (a) Rangkaian PLTS (b)

Pada gambar 4 di atas, merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya *Off Grid* (PLTS) dengan rangkaian sederhana yang berfungsi sebagai sumber daya utama pada sistem PLTS untuk dapur studi kasus *cooker hood* dan *rice cooker*. Sistem ini menggunakan panel surya yang memiliki kapasitas panel sebesar 160wp, kemudian daya yang didapat dari panel surya akan disalurkan untuk masuk ke Maximum Power Point Tracker (MPPT) Powmr dengan spesifikasi arus 25 A, sebagai pengontrol arus yang masuk untuk mengisi aki. Aki yang di gunakan sendiri memiliki kapasitas sebesar 2 x 70 ah yang terhubung paralel dan tersambung pada inverter 800 Watt untuk dapat mengubah tegangan dan arus yang semula dari DC kemudian menjadi AC supaya dapat menghidupkan *cooker hood* dan juga *rice cooker*. Terdapat juga MCB (Mini Circuit Breaker) yang berfungsi sebagai pengaman apa bila lonjakan arus atau terjadi short. Menggunakan sensor PZEM-017 untuk memonitoring tegangan, daya dan arus, yang dihubungkan ke bagian negatif dari panel surya, serta terdapat sensor PZEM 004t untuk memonitoring Tegangan, Daya, Arus, Frekuensi, Energi, serta Power Factor dengan menggunakan clamp pada keluaran inverte

3.1.2 Elektrikal dan IoT sistem monitoring



Gambar 5. Tampilan Elektrifikasi IoT (a) Elektrifikasi IoT (b) Tampilan di Blynk (c)

Gambar 5 (a) dan (b) merupakan gambar elektrifikasi mikro kontroler yang menerima data dari sensor PZEM-017 dan PZEM-004T di mana untuk ESP32 tersebut menggunakan daya dari step down DC to DC 12V to 5V untuk step down langsung terhubung ke MPPT melalui output MPPT, di dalam box terdapat RS485 yang berfungsi sebagai jembatan komunikasi antara PZEM-017 dengan mikrokontroler ESP32. Apabila ESP32 telah menyala secara otomatis akan mengirimkan data yang telah didapat dari sensor PZEM-017 dan PZEM-004T ke sistem IoT pada aplikasi Blynk melalui sambungan wifi. Sistem IoT ini memudahkan pengguna untuk dapat memonitoring sistem baik pada input dari arus, tegangan dan daya DC yang didapat dari solar panel maupun output Tegangan AC, Daya AC, Arus AC, Frekuensi, Energi AC, serta Power Factor dari inverter secara real-time dan lebih fleksibel karena bisa dilihat langsung dari smartphone, dan bisa segera memperbaiki apabila terdapat kesalahan pada sistem yang terbaca pada aplikasi Blynk.

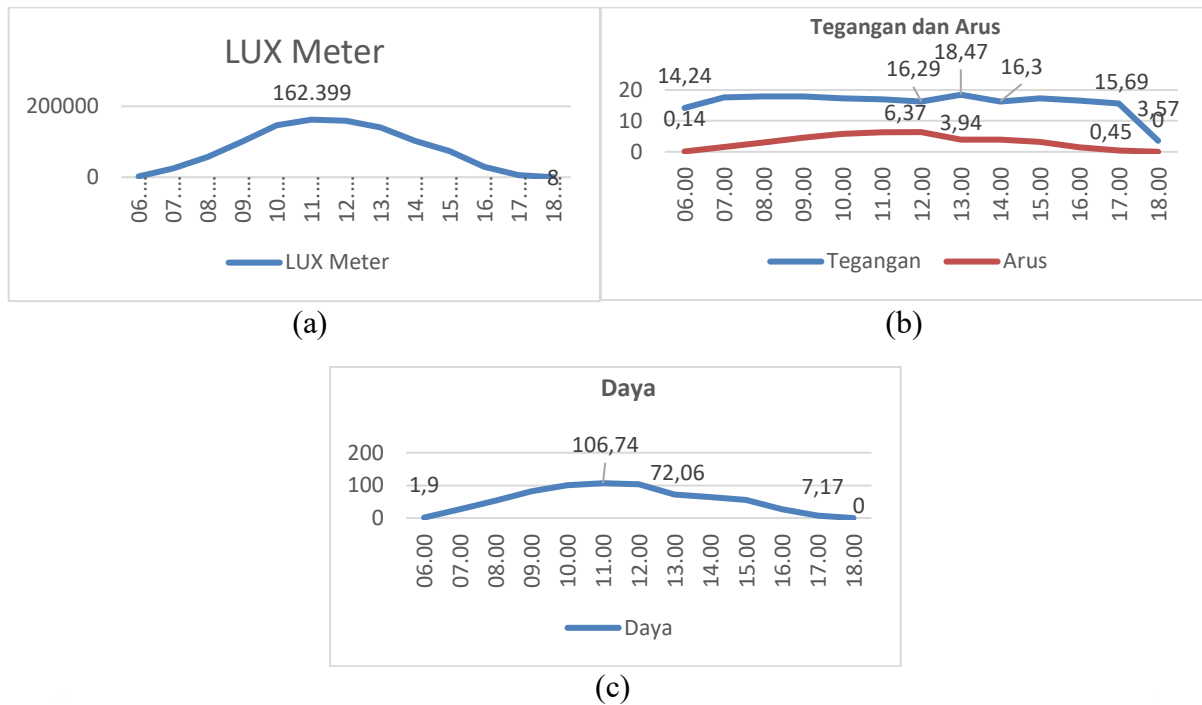
3.2 Hasil Pengujian

3.2.1 Pengujian panel surya

Pengambilan data memiliki tujuan untuk dapat mengetahui data yang didapat dari pengujian alat yang telah dibuat oleh peneliti sesuai dengan susunan yang telah dijelaskan diatas, pada sistem alat ini menggunakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang berarti panel surya berfungsi sebagai sumber daya listrik utamanya, maka dari itu penulis perlu mengetahui apakah panel surya yang di gunakan mampu memenuhi kebutuhan listrik pada sistem.

Tabel 2. Rata-rata pengujian panel surya 3 hari

Rata rata pengujian panel surya				
Waktu	LUX Meter	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
06.00	2120	14,24	0,14	1,90
07.00	24235	17,58	1,52	26,72
08.00	57226	17,89	3,00	53,34
09.00	100109	17,93	4,58	82,13
10.00	146630	17,33	5,78	100,07
11.00	162.399	16,98	6,30	106,74
12.00	159.248	16,29	6,37	103,50
13.00	140.463	18,47	3,94	72,06
14.00	101.989	16,30	3,94	64,39
15.00	73.630	17,32	3,17	55,00
16.00	29.110	16,55	1,41	26,70
17.00	5.394	15,69	0,45	7,17
18.00	8	3,57	0,00	0,00



Gambar 6 Grafik LUX Meter (a) Grafik tegangan dan arus (b) Grafik Daya (c)

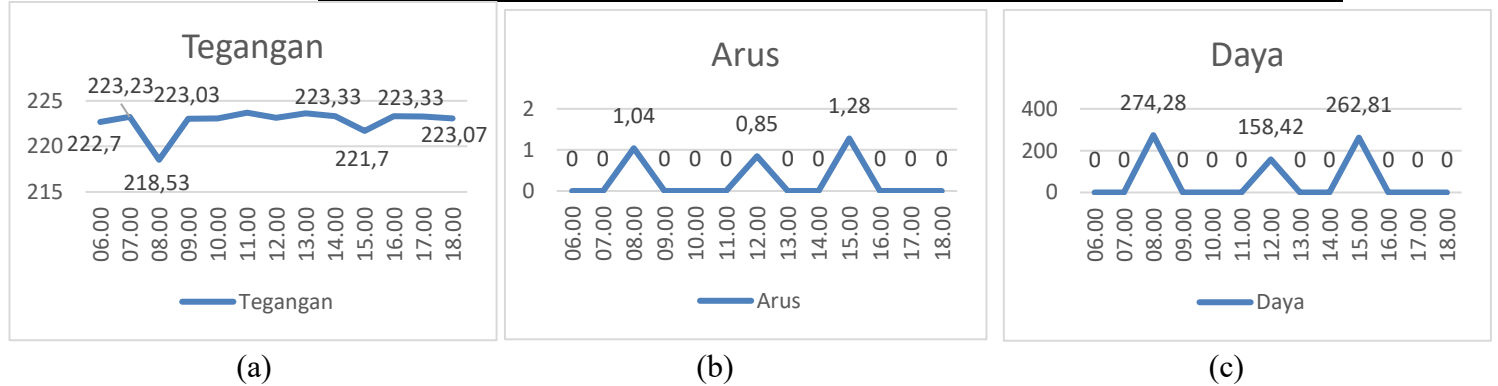
Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran rata-rata selama 3 hari yang dilakukan sebanyak 13 kali pengambilan data setiap harinya untuk mengukur LUX, tegangan serta arus, sedangkan untuk daya dilakukan perhitungan secara manual $V \times I$ di mana pada hasil rata-rata ini sistem panel surya mendapatkan cukup banyak Cahaya matahari mulai dari jam 06.00 hingga jam 18.00 sebelum cuaca mulai meredup, nilai LUX tertinggi didapat pada jam 11.00 dengan nilai 162.399, kemudian untuk tegangan tertinggi yang didapat terdapat pada jam 13.00 sebesar 18,47 V sedangkan arusnya pada jam 12.00 sebesar 6,37 A. Berdasarkan data tersebut menunjukkan grafik Lux yang didapatkan semakin meningkat mendekati siang hari dan kemudian menurun, sedangkan grafik tegangan dan arus yang didapat di beberapa titik menunjukkan tegangan semakin menurun ketika arus meningkat, yang dapat dilihat bahwa grafiknya berkebalikan dengan grafik dari arus yang didapat, berikutnya pada grafik daya menampilkan daya tertinggi didapatkan oleh sistem pada pukul 11.00 sebesar 106,74 W dan terlihat bahwa karakteristik daya yang didapatkan grafiknya mirip dengan grafik LUX meter yang berarti daya yang didapat bergantung dengan intensitas cahaya matahari yang didapat.

3.2.2 Pengujian Beban AC

Tabel 3 Rata rata pengujian beban 3 hari

rata rata pengujian beban 3 hari						
Waktu	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	PF	Cooker Hood	Rice Cooker
06.00	0	222,70	0	0	Mati	Mati
07.00	0	223,23	0	0	Mati	Mati
08.00	1,04	218,53	274,28	0,857	Nyala	Nyala
09.00	0	223,03	0	0	Mati	Mati

10.00	0	223,07	0	0	Mati	Mati
11.00	0	223,70	0	0	Mati	Mati
12.00	0,85	223,13	158,42	0,753	Nyala	Mati
13.00	0	223,63	0	0	Mati	Mati
14.00	0	223,33	0	0	Mati	Mati
15.00	1,28	221,70	262,81	0,866	Nyala	Mati
16.00	0	223,33	0	0	Mati	Mati
17.00	0	223,27	0	0	Mati	Mati
18.00	0	223,07	0	0	Mati	Mati



Gambar 7 Grafik tegangan AC (a) Grafik Arus AC (b) Grafik Daya AC (c)

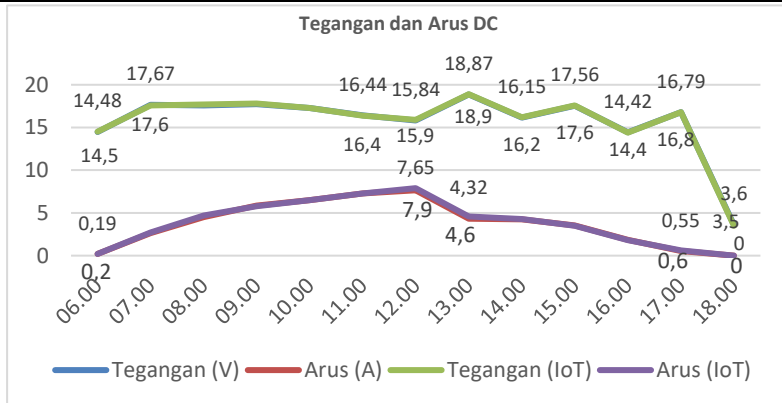
Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian beban AC pada sistem di mana pada rata-rata 3 hari percobaan dilakukan pengamatan mulai dari jam 06.00 hingga jam 18.00 dengan kombinasi beban yang berbeda-beda antara cooker hood dan rice cooker. Di mana pada pengujian tegangan sistem akan di kisaran rata-rata 223V apabila beban hanya cooker hood saja dan membuat arus pada sistem menurun sampai di rentang rata-rata 0,5A saja karena beban hanya menyala satu, berikut juga dengan daya yang digunakan juga semakin kecil apabila hanya menyala satu beban saja. Power factor (PF) yang didapatkan juga berbeda di mana power factor semakin buruk apabila hanya cooker hood saja yang menyala dan akan semakin bagus pada saat kedua beban dinyalakan bersamaan, hal itu karena cooker hood berupa motor yang termasuk ke beban induktif tidak seperti rice cooker yang termasuk beban resistif. Dan dapat dilihat di grafik (a) dan (b) bahwa tegangan dan arus memiliki bentuk yang berlawanan tetapi daya pada grafik (c) bentuknya mirip dengan arus pada grafik (b), dengan tegangan rata-rata tertinggi berada di kisaran 223,70 V, arus tertinggi rata-rata di jam 15.00 sebesar 1,28A (untuk kondisi satu beban menyala), serta daya rata-rata tertinggi keseluruhan didapat pada jam 08.00 sebesar 274,28 W di mana itu terjadi pada saat semua beban menyala bersamaan.

3.2.3 Pengujian Sistem Monitoring

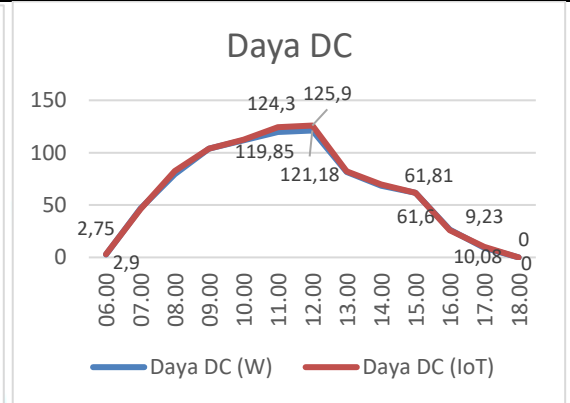
Tabel 4 Pengukuran dan tabel IoT hari pertama

Waktu	Pengukuran								rekuensi (HZ)	PF	IoT						rekuensi (HZ)	PF
	Beban		Tegangan (V)		Arus (A)		Daya (W)				Tegangan (V)		Arus (A)		Daya (W)			
	CH	RC	AC	DC	AC	DC	AC	DC			AC	DC	AC	DC	AC	DC		
06.00			223,8	14,48	0	0,19	0	2,75	49,9	0	224,7	14,5	0	0,2	0	2,9	49,9	0
07.00			224,5	17,67	0	2,65	0	46,82	49,9	0	224	17,6	0	2,7	0	46,2	49,9	0

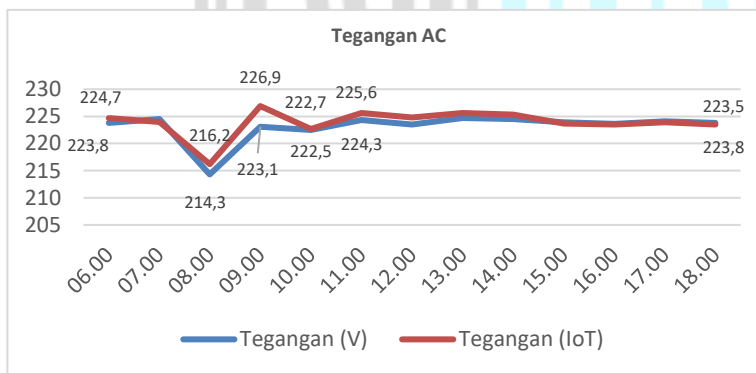
08.00	✓	✓	214,3	17,60	1,79	4,51	372,47	79,38	49,9	0,971	216,2	17,7	1,713	4,7	362,9	82,5	49,9	0,98
09.00			223,1	17,73	0	5,86	0	103,89	49,9	0	226,9	17,8	0	5,8	0	103,8	50	0
10.00			222,5	17,27	0	6,48	0	111,91	49,9	0	225,7	17,3	0	6,5	0	112,3	49,9	0
11.00			224,3	16,44	0	7,29	0	119,85	49,9	0	225,6	16,4	0	7,3	0	124,3	49,9	0
12.00	✓		223,5	15,84	0,58	7,65	81,53	121,18	49,9	0,629	224,8	15,9	0,57	7,9	82,1	125,9	49,9	0,64
13.00			224,7	18,87	0	4,32	0	81,52	49,9	0	225,6	18,9	0	4,6	0	82,1	49,9	0
14.00			224,5	16,15	0	4,23	0	68,31	49,9	0	225,3	16,2	0	4,3	0	69,7	49,9	0
15.00	✓		223,9	17,56	0,57	3,52	80,53	61,81	50	0,631	223,7	17,6	0,56	3,5	79,2	61,6	50	0,64
16.00			223,6	14,42	0	1,85	0	26,67	49,9	0	223,5	14,4	0	1,8	0	25,92	49,9	0
17.00			224,1	16,79	0	0,55	0	9,23	49,9	0	223,9	16,8	0	0,6	0	10,08	49,9	0
18.00			223,8	3,6	0	0,00	0	0,00	49,9	0	223,5	3,5	0	0	0	0	49,9	0



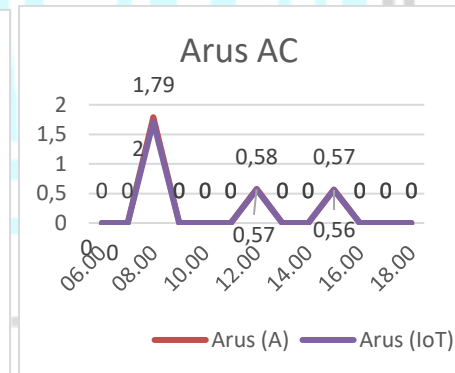
(a)



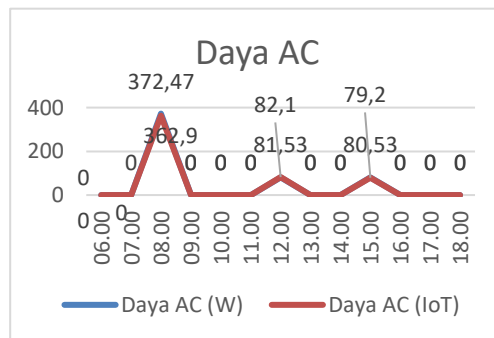
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 8 Grafik Perbandingan Tegangan dan Arus DC Monitoring (a) Grafik Perbandingan Daya DC Monitoring (b) Grafik Perbandingan Tegangan AC (c) Grafik Perbandingan Arus AC (d) Grafik Perbandingan Daya AC (d)

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian sistem monitoring IoT pada hari pertama yang dilakukan

sebanyak 12 kali pengambilan data mulai jam 06.00 hingga jam 18.00. Pengujian ini membandingkan hasil pembacaan sensor IoT dengan pengukuran manual menggunakan clamp meter, di mana parameter yang dibandingkan meliputi tegangan, arus, dan daya baik pada sisi DC maupun AC, serta frekuensi dan power factor pada sisi AC. Pada hari pertama pengujian dilakukan dengan variasi beban yang berbeda-beda di mana pada jam 08.00 kedua beban yaitu cooker hood dan rice cooker dinyalakan bersamaan, kemudian pada jam 12.00 dan 15.00 hanya cooker hood saja yang dinyalakan sedangkan rice cooker dalam kondisi mati. Pada grafik yang ditampilkan di atas, grafik (a) menunjukkan perbandingan tegangan dan arus DC antara pengukuran manual dengan IoT monitoring di mana kedua grafik memiliki bentuk yang sangat serupa dan jarak yang rapat satu sama lain. Grafik (b) menampilkan perbandingan daya DC yang juga menunjukkan kesesuaian yang baik antara keduanya. Grafik (c) menampilkan perbandingan tegangan AC, grafik (d) perbandingan arus AC, dan grafik (e) perbandingan daya AC di mana secara keseluruhan seluruh grafik perbandingan tersebut menunjukkan bahwa garis IoT dan garis pengukuran manual memiliki pola yang hampir identik dengan selisih yang tipis. Dari hasil tabel persentase error dan grafik perbandingan pada hari pertama dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring berfungsi secara normal dan cukup presisi untuk digunakan pada sistem PLTS ini.

Tabel 5 presentase error hari pertama

Waktu	Presentase error (%)						
	Tegangan		Arus		Daya		Frekuensi
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	
06.00	0,40	0,14	0	5,26	0	5,45	0,00
07.00	0,22	0,40	0	1,86	0	1,32	0,00
08.00	0,89	0,57	4,30	4,21	2,57	3,93	0,00
09.00	1,70	0,39	0	1,02	0	0,09	0,00
10.00	1,44	0,17	0	0,31	0	0,35	0,00
11.00	0,58	0,24	0	0,14	0	3,71	0,00
12.00	0,58	0,38	1,72	3,27	0,70	3,90	0,00
13.00	0,40	0,16	0	6,48	0	0,71	0,00
14.00	0,36	0,31	0	1,65	0	2,03	0,00
15.00	0,08	0,23	1,75	0,57	1,65	0,34	0,00
16.00	0,04	0,14	0	2,70	0	2,81	0,00
17.00	0,09	0,06	0	9,09	0	9,21	0,00
18.00	0,13	2,78	0	0	0	0	0,00
Rata-Rata Error	0,53	0,46	0,60	2,81	0,38	2,60	0,00

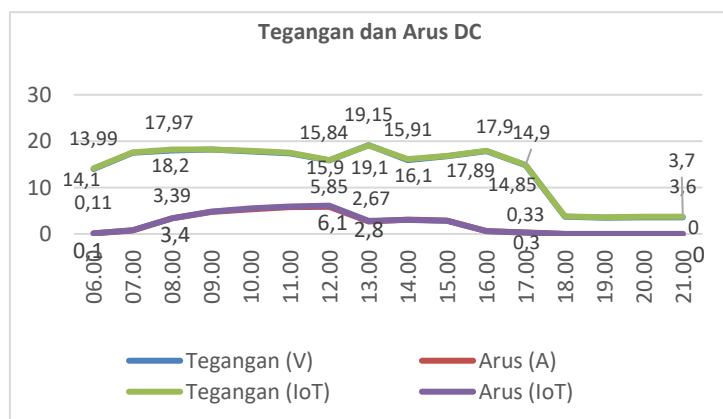
$$\text{Presentase error} = \left(\frac{\text{Nilai pengukuran} - \text{Nilai IoT}}{\text{Nilai pengukuran}} \right) \times 100\%$$

Berdasarkan Tabel 5 yang menampilkan persentase error pada hari pertama, dapat dilihat bahwa nilai error yang didapat pada seluruh parameter masih sangat kecil. Rata-rata error tegangan AC sebesar 0,53% dan tegangan DC sebesar 0,46% menunjukkan bahwa pembacaan tegangan oleh sensor IoT sangat mendekati nilai pengukuran manual. Untuk parameter arus, rata-rata error arus AC sebesar

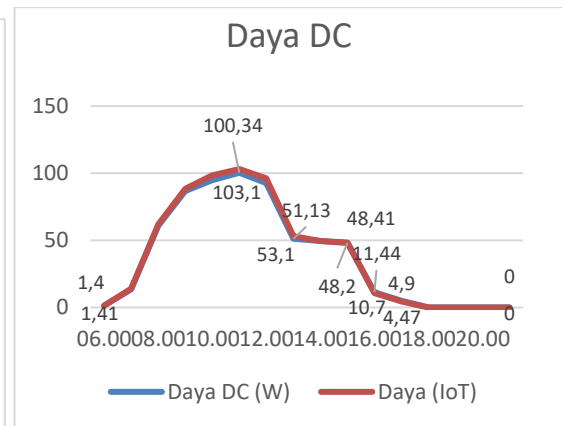
0,60% dan arus DC sebesar 0,38% yang merupakan nilai eror tertinggi pada hari pertama ini, namun demikian nilai tersebut masih jauh di bawah batas toleransi 10%. Untuk parameter daya, rata-rata eror daya AC sebesar 0,38% dan daya DC sebesar 2,60%, sedangkan untuk frekuensi mendapatkan nilai eror sebesar 0,00% yang berarti pembacaan frekuensi oleh sensor IoT identik dengan pengukuran manual. Error tertinggi secara individual terdapat pada daya DC jam 06.00 sebesar 5,45% yang masih berada dalam batas wajar toleransi alat ukur kelas *budget* dengan sensor yang digunakan.

Tabel 6 Pengukuran dan tabel IoT hari kedua

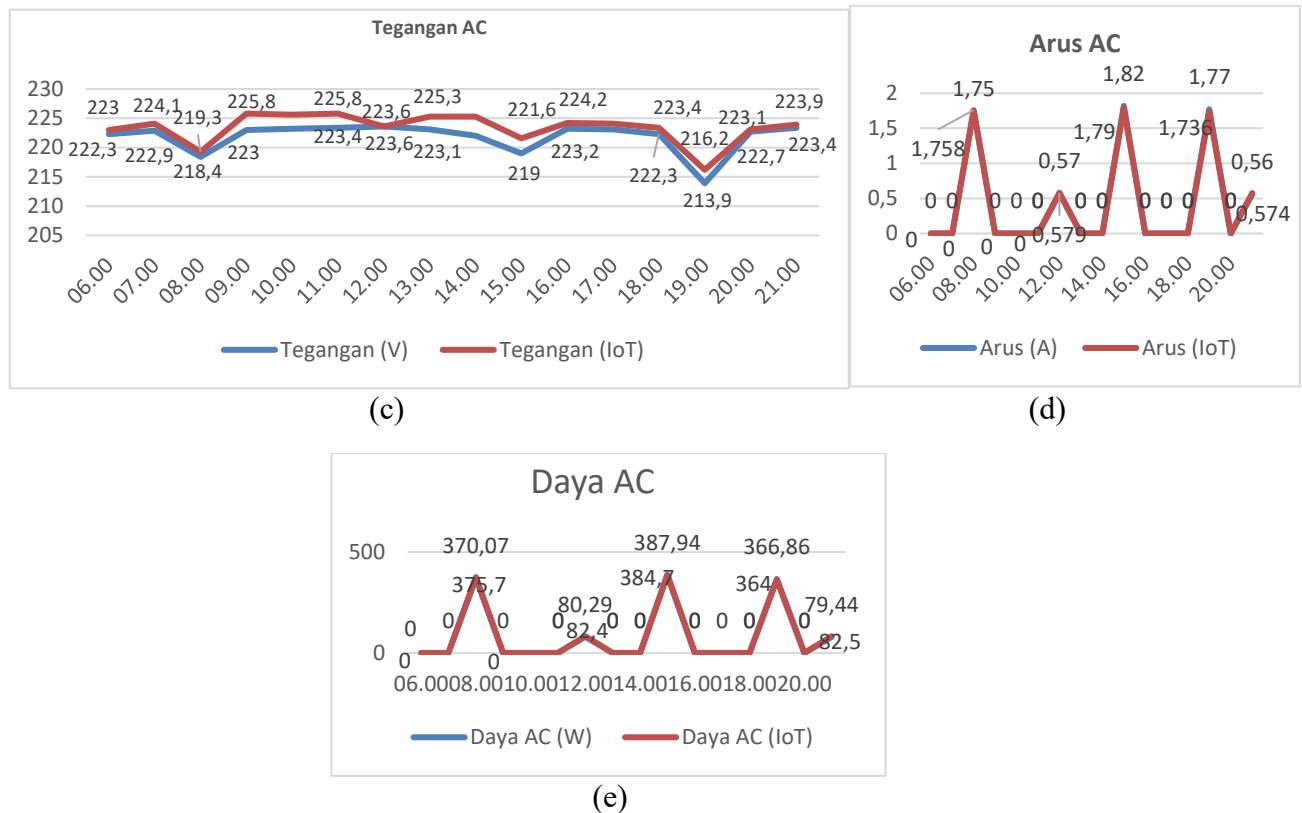
Waktu	Pengukuran								Frekuensi (HZ)	PF	IoT						Frekuensi (HZ)	PF
	Beban		Tegangan (V)		Arus (A)		Daya (W)				Tegangan (V)		Arus (A)		Daya (W)			
	CH	RC	AC	DC	AC	DC	AC	DC			AC	DC	AC	DC	AC	DC		
06.00			222,3	13,99	0	0,11	0	1,40	49,46	0	223	14,1	0	0,1	0	1,41	49,9	0
07.00			222,9	17,50	0	0,78	0	13,65	49,96	0	224,1	17,6	0	0,8	0	14,0	49,9	0
08.00	✓	✓	218,4	17,97	1,75	3,39	370,07	60,92	49,96	0,969	219,3	18,2	1,758	3,4	375,7	62	49,9	0,97
09.00			223	18,17	0	4,77	0	86,67	49,96	0	225,8	18,2	0	4,8	0	88,4	49,9	0
10.00			223,2	17,82	0	5,32	0	94,80	49,96	0	225,6	17,9	0	5,5	0	98,3	49,9	0
11.00			223,4	17,39	0	5,77	0	100,34	50,00	0	225,8	17,5	0	5,9	0	103,1	49,9	0
12.00	✓		223,6	15,84	0,57	5,85	80,29	92,67	49,95	0,630	223,6	15,9	0,579	6,1	82,4	96,2	49,9	0,64
13.00			223,1	19,15	0	2,67	0	51,13	49,96	0	225,3	19,1	0	2,8	0	53,1	49,9	0
14.00			222	15,91	0	3,11	0	49,48	49,96	0	225,3	16,1	0	3	0	49,5	49,9	0
15.00	✓	✓	219	16,75	1,82	2,89	387,94	48,41	49,96	0,968	221,6	16,8	1,79	2,8	384,7	48,2	49,9	0,97
16.00			223,2	17,89	0	0,64	0	11,44	49,99	0	224,2	17,9	0	0,6	0	10,7	49,9	0
17.00			223,1	14,85	0	0,33	0	4,90	49,99	0	224,1	14,9	0	0,3	0	4,47	49,9	0
18.00			222,3	3,7	0	0,00	0	0,00	49,96	0	223,4	3,8	0	0	0	0	49,9	0
19.00	✓	✓	213,9	3,5	1,77	0,00	366,86	0,00	49,96	0,969	216,2	3,6	1,736	0	364,0	0	49,9	0,97
20.00			222,7	3,6	0	0,00	0	0,00	49,99	0	223,1	3,7	0	0	0	0	49,9	0
21.00	✓		223,4	3,6	0,56	0,00	79,44	0,00	49,95	0,635	223,9	3,7	0,574	0	82,5	0	49,9	0,64



(a)



(b)



Gambar 9 Grafik Perbandingan Tegangan dan Arus DC Monitoring (a) Grafik Perbandingan Daya DC Monitoring (b) Grafik Perbandingan Tegangan AC (c) Grafik Perbandingan Arus AC (d) Grafik Perbandingan Daya AC (d)

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian sistem monitoring IoT pada hari kedua yang dilakukan sebanyak 10 kali pengambilan data mulai jam 06.00 hingga jam 21.00. Berbeda dengan hari pertama, pada hari kedua ini pengujian juga dilakukan pada malam hari yaitu pada jam 19.00 dan jam 21.00 sehingga total pengambilan data menjadi lebih banyak. Variasi beban yang digunakan juga lebih beragam di mana pada jam 08.00, 15.00, dan 19.00 kedua beban dinyalakan bersamaan, sedangkan pada jam 12.00 dan 21.00 hanya *cooker hood* saja yang menyala. Untuk data DC, pengambilan data hanya dilakukan pada jam 06.00 hingga 18.00 karena panel surya tidak beroperasi pada malam hari. Pada grafik yang ditampilkan di atas, grafik (a) menunjukkan perbandingan tegangan dan arus DC antara pengukuran manual dengan IoT *monitoring* di mana kedua grafik memiliki pola yang sangat serupa mengikuti perubahan kondisi cuaca sepanjang hari. Grafik (b) menampilkan perbandingan daya DC yang juga menunjukkan kesesuaian yang baik antara keduanya. Grafik (c) menampilkan perbandingan tegangan AC, grafik (d) perbandingan arus AC, dan grafik (e) perbandingan daya AC di mana pada grafik AC tersebut dapat terlihat variasi yang lebih banyak mengikuti perubahan beban yang lebih beragam pada hari kedua ini. Secara keseluruhan seluruh grafik perbandingan menunjukkan bahwa garis IoT dan garis pengukuran manual memiliki pola yang hampir identik dengan selisih yang tipis baik pada siang maupun malam hari. Dari hasil tabel persentase eror dan grafik perbandingan pada hari kedua dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring berfungsi secara

normal, konsisten, dan cukup presisi pada berbagai kondisi beban dan waktu operasional.

Tabel 7 presentase error hari kedua

Waktu	Presentase error (%)						
	Tegangan		Arus		Daya		Frekuensi
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	
06.00	0,31	0,79	0	9,09	0	0,71	0,00
07.00	0,54	0,57	0	2,56	0	2,56	0,00
08.00	0,41	1,28	0,45	0,29	1,52	1,77	0,00
09.00	1,26	0,17	0	0,63	0	2,00	0,00
10.00	1,08	0,45	0	3,38	0	3,69	0,00
11.00	1,07	0,63	0	2,25	0	2,75	0,20
12.00	0,00	0,38	1,57	4,27	2,62	3,81	0,00
13.00	0,99	0,26	0	4,87	0	3,85	0,00
14.00	1,49	1,19	0	3,54	0	0,04	0,00
15.00	1,19	0,30	1,65	0,69	0,84	0,41	0,00
16.00	0,45	0,06	0	6,25	0	6,47	0,00
17.00	0,45	0,34	0	9,09	0	8,78	0,00
18.00	0,49	2,70	0	0	0	0	0,00
19.00	1,07	2,86	1,92	0	0,77	0	0,00
20.00	0,18	2,78	0	0	0	0	0,00
21.00	0,22	2,78	2,5	0	3,85	0	0,00
Rata-rata error	0,70	1,10	0,51	2,93	0,60	2,30	0,01

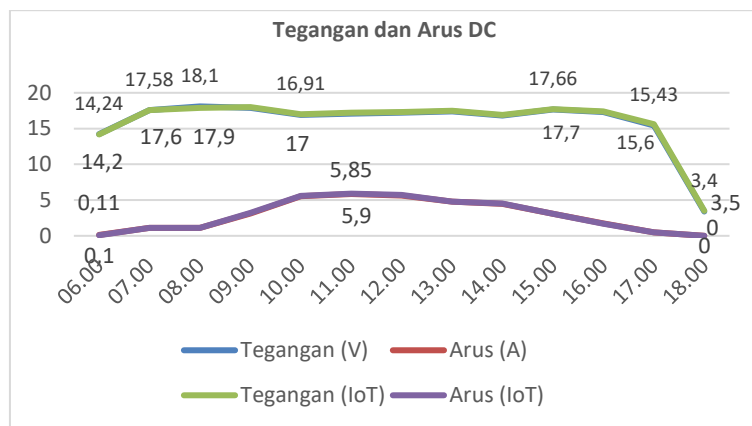
$$Presentase\ error = \left(\frac{Nilai\ pengukuran - Nilai\ IoT}{Nilai\ pengukuran} \right) \times 100\%$$

Berdasarkan Tabel 7 yang menampilkan persentase error pada hari kedua, dapat dilihat bahwa nilai error yang didapat pada seluruh parameter masih berada dalam batas yang sangat baik. Rata-rata error tegangan AC sebesar 0,70% dan tegangan DC sebesar 1,10% menunjukkan konsistensi yang baik dengan hasil hari pertama. Untuk parameter arus, rata-rata error arus AC sebesar 0,51% dan arus DC sebesar 2,93%. Untuk parameter daya, rata-rata error daya AC sebesar 0,60% dan daya DC sebesar 2,30%, sedangkan untuk frekuensi mendapatkan nilai error yang sangat kecil yaitu sebesar 0,01% di mana error kecil ini terjadi pada jam 11.00 dengan selisih 0,1 Hz saja. Error tertinggi secara individual terdapat pada arus DC jam 06.00 dan 17.00 sebesar 9,09% yang masih berada dalam batas toleransi yang wajar. Pengujian pada malam hari di jam 19.00 dan 21.00 juga menunjukkan hasil yang baik di mana sistem monitoring tetap mampu membaca parameter AC dengan error yang rendah meskipun kondisi operasional berbeda dengan siang hari.

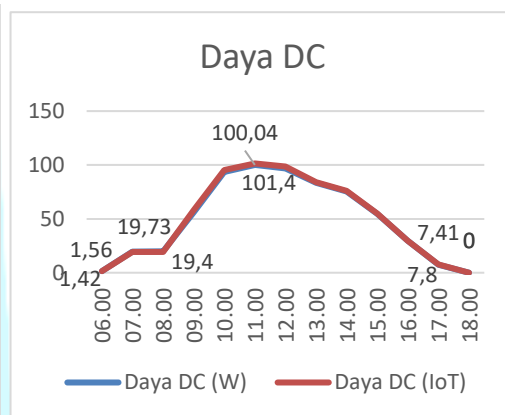
Tabel 8 Pengukuran dan tabel IoT hari ketiga

Waktu	Pengukuran									PF	IoT						Frekuensi (Hz)	PF
	Beban		Tegangan (V)		Arus (A)		Daya (W)		Tegangan (V)		Arus (A)		Daya (W)					
	CH	RC	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC		DC	AC	DC	AC	DC			
06.00			222	14,24	0	0,11	0	1,56	49,96	0	222,9	14,2	0	0,1	0	1,42	49,9	0
07.00			222,3	17,58	0	1,12	0	19,69	49,96	0	223,1	17,6	0	1,1	0	19,4	49,9	0
08.00	✓		222,9	18,10	0,57	1,09	80,29	19,73	49,96	0,632	223,5	17,9	0,586	1,1	82,9	19,4	49,9	0,63
09.00			223	17,89	0	3,12	0	55,82	49,96	0	225,8	18	0	3,2	0	57,8	49,9	0

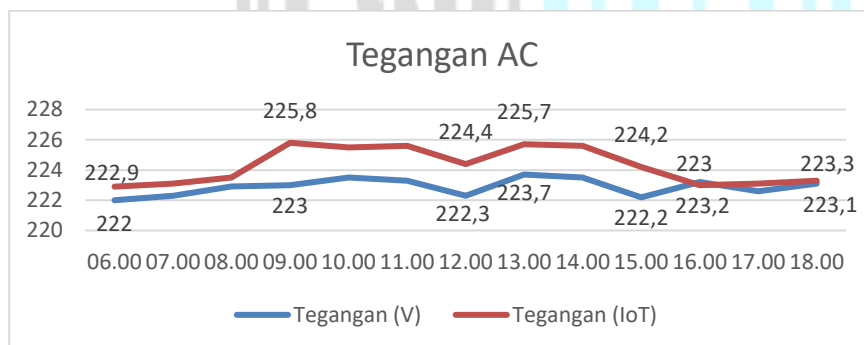
10.00			223,5	16,91	0	5,53	0	93,51	49,95	0	225,5	17	0	5,6	0	95,2	49,9	0
11.00			223,3	17,10	0	5,85	0	100,04	49,95	0	225,6	17,2	0	5,9	0	101,4	49,9	0
12.00		✓	222,3	17,20	1,41	5,62	313,44	96,64	49,95	1	224,4	17,3	1,38	5,7	310,4	98,6	49,9	1
13.00			223,7	17,40	0	4,80	0	83,52	49,96	0	225,7	17,5	0	4,8	0	84	49,9	0
14.00			223,5	16,83	0	4,48	0	75,39	49,96	0	225,6	16,9	0	4,5	0	76,0	49,9	0
15.00		✓	222,2	17,66	1,44	3,10	319,97	54,74	49,9	1	224,2	17,7	1,397	3,1	313,1	54,8	49,9	1
16.00			223,2	17,33	0	1,72	0	29,80	49,96	0	223	17,4	0	1,7	0	29,58	49,9	0
17.00			222,6	15,43	0	0,48	0	7,41	49,96	0	223,1	15,6	0	0,5	0	7,8	49,9	0
18.00			223,1	3,4	0	0,00	0	0,00	49,95	0	223,3	3,5	0	0	0	0	49,9	0



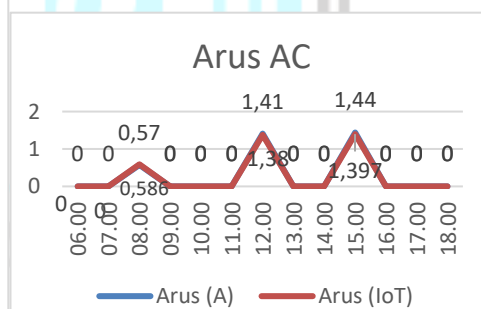
(a)



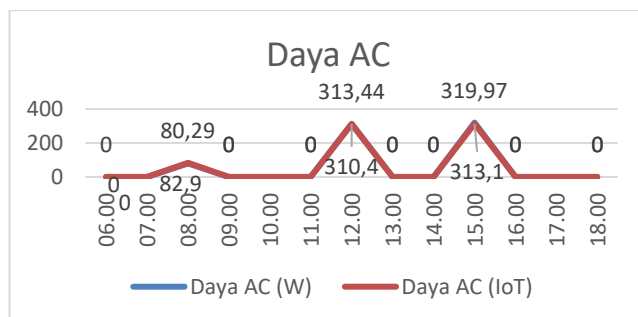
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 10 Grafik Perbandingan Tegangan dan Arus DC Monitoring (a) Grafik Perbandingan Daya DC Monitoring (b) Grafik Perbandingan Tegangan AC (c) Grafik Perbandingan Arus AC (d) Grafik Perbandingan Daya AC (d)

Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian sistem monitoring IoT pada hari ketiga yang dilakukan sebanyak 8 kali pengambilan data mulai jam 06.00 hingga jam 18.00. Pada hari ketiga ini variasi beban yang digunakan berbeda dari dua hari sebelumnya di mana pada jam 08.00 hanya *cooker hood*

saja yang dinyalakan, kemudian pada jam 12.00 dan 15.00 hanya *rice cooker* saja yang dinyalakan sehingga pada hari ketiga ini tidak ada pengujian dengan kedua beban menyala bersamaan. Pada grafik yang ditampilkan di atas, grafik (a) menunjukkan perbandingan tegangan dan arus DC antara pengukuran manual dengan IoT *monitoring* di mana kedua grafik memiliki pola naik turun yang sangat serupa mengikuti perubahan cuaca pada hari ketiga yang dapat di bilang cukup stabil. Grafik (b) menampilkan perbandingan daya DC yang juga menunjukkan kesesuaian yang baik antara keduanya dengan penurunan daya setelah jam 12.00 mengikuti cuaca dan matahari. Grafik (c) menampilkan perbandingan tegangan AC, grafik (d) perbandingan arus AC, dan grafik (e) perbandingan daya AC di mana pada grafik AC tersebut dapat terlihat perbedaan yang jelas antara kondisi hanya *cooker hood* (arus kecil sekitar 0,57A) dengan hanya *rice cooker* (arus lebih besar sekitar 1,4A) dan kedua kondisi tersebut terbaca dengan baik oleh sensor IoT. Dari hasil tabel persentase eror dan grafik perbandingan pada hari ketiga dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring tetap berfungsi secara normal dan cukup presisi pada berbagai variasi beban maupun kondisi cuaca yang berbeda dari hari-hari sebelumnya.

Tabel 9 presentase eror hari ketiga

Waktu	Presentase eror (%)						Frekuensi
	Tegangan		Arus		Daya		
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	
06.00	0,41	0,28	0	9,09	0	8,97	0,00
07.00	0,36	0,11	0	1,79	0	1,47	0,00
08.00	0,26	1,10	2,8	0,92	3,25	1,67	0,00
09.00	1,26	0,61	0	2,65	0	3,55	0,00
10.00	0,89	0,53	0	1,27	0	1,81	0,00
11.00	1,03	0,58	0	0,85	0	1,36	0,00
12.00	0,94	0,59	2,13	1,42	0,97	2,03	0,00
13.00	0,89	0,57	0	0,00	0	0,57	0,00
14.00	0,94	0,42	0	0,45	0	0,81	0,00
15.00	0,90	0,23	2,99	0,00	2,15	0,11	0,00
16.00	0,09	0,40	0	1,16	0	0,74	0,00
17.00	0,22	1,10	0	4,17	0	5,26	0,00
18.00	0,09	2,94	0	0	0	0	0,00
Rata-rata eror	0,64	0,73	0,61	1,83	0,49	2,18	0,00

$$Presentase\ eror = \left(\frac{Nilai\ pengukuran - Nilai\ IoT}{Nilai\ pengukuran} \right) \times 100\%$$

Berdasarkan Tabel 9 yang menampilkan persentase eror pada hari ketiga, dapat dilihat bahwa nilai eror yang didapat pada seluruh parameter masih sangat baik dan konsisten dengan dua hari sebelumnya. Rata-rata eror tegangan AC sebesar 0,64% dan tegangan DC sebesar 0,73% menunjukkan bahwa pembacaan tegangan oleh sensor IoT tetap presisi meskipun kondisi beban berbeda dari hari-hari sebelumnya. Untuk parameter arus, rata-rata eror arus AC sebesar 0,61% dan arus DC sebesar 1,83% yang masih berada dalam rentang yang konsisten. Untuk parameter daya, rata-rata eror daya AC sebesar 0,49% dan daya DC sebesar 2,18% di mana nilai eror daya DC pada hari

ketiga ini merupakan yang terendah dibandingkan dua hari sebelumnya, sedangkan untuk frekuensi kembali mendapatkan nilai eror sebesar 0,00%. Error tertinggi secara individual terdapat pada arus DC jam 06.00 sebesar 9,09% yang masih berada dalam batas toleransi yang wajar. Menariknya pada jam 12.00 dan 15.00 saat hanya *rice cooker* yang menyala, nilai *power factor* yang terbaca oleh IoT menunjukkan angka sempurna yaitu 1 yang sesuai dengan pembacaan manual, hal ini karena *rice cooker* merupakan beban resistif murni.

4. PENUTUP

kesimpulan yang didapat dari pengujian sistem PLTS *off-grid* untuk elektrifikasi peralatan dapur dengan sistem monitoring ini yaitu sistem PLTS mampu untuk menyuplai Listrik untuk cooker hood dan juga rice cooker sesuai dengan rancangan awal. Sistem ini bahkan masih memiliki surplus energi yang bisa di gunakan untuk kebutuhan listrik dapur lainnya. Meski sistem ini sangat bergantung dengan cuaca yang ada dan sangat dipengaruhi oleh Cahaya yang didapat. Pada saat pengujian penulis mendapatkan cuaca yang beragam dari cerah sepanjang hari, berawan, hingga cerah kemudian mendung lalu hujan sehingga dapat di ketahui di mana titik maksimal pada sistem ini dan bagaimana sistem ini pada saat cuaca kurang bagus. Berikutnya pada sistem monitoring menggunakan 2 sensor utama yang berfungsi sebagai sensor untuk arus AC dan DC di mana pada arus AC menggunakan sensor PZEM-004T dan arus DC menggunakan PZEM-017. Pengujian yang telah dilakukan mendapatkan bahwa kedua sensor tersebut mampu untuk bekerja dengan baik dan presisi, pada pengujian sistem monitoring mendapatkan nilai dengan selisih yang tidak berbeda jauh dengan pengukuran manual hal itu dapat dilihat dari grafik perbandingan yang didapatkan di mana antara grafik IoT dengan Grafik pengukuran memiliki bentuk yang serupa dan jarak yang tipis dan masih dalam batas toleransi, maka dari itu sistem monitoring ini dapat dikatakan cukup akurat dan handal untuk dapat digunakan.

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian dan penyusunan naskah publikasi ini dapat diselesaikan dengan baik. Naskah ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan penelitian ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kekuatan, kemudahan, dan kesehatan jasmani maupun

rohani kepada penulis sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

2. Kedua orang tua yang telah mendidik dengan sabar dan penuh kasih sayang, serta senantiasa memberikan doa, kepercayaan, dan dukungan yang tidak pernah putus selama proses penyelesaian studi.
3. Adik-adik tercinta yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan semangat, khususnya Bhara yang selalu membantu dalam proses perakitan maupun perancangan alat pada penelitian ini.
4. Rizqika Hazar Sayidina yang telah menemani dan berkontribusi selama proses pengerjaan penelitian ini baik dalam segi waktu maupun pemikiran.
5. Bapak Umar, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, maupun kritik dengan penuh kesabaran selama penelitian berlangsung.
6. Teman-teman Teknik Elektro Angkatan 22 yang telah memberikan bantuan, masukan, serta kebersamaan selama proses pengerjaan penelitian ini.
7. Crew Warkop Kabangan yang telah memberikan pengalaman berharga baik dari segi *soft skill* maupun kemampuan penyelesaian masalah yang turut berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini.
8. Seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa naskah ini masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat serta menjadi referensi dalam pengembangan sistem kelistrikan berbasis energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, M. S., Thamrin, S., & W, R. L. (2023). *Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan*. 4(3), 2427–2435.
- Alvandy, R., Soetedjo, A., & Sulistiawati, I. (2024). Perbandingan MPPT Dengan PWM Pada Sistem Monitoring. *FORTECH*, 5(2), 80–88.
- Bayu, M., Firdaus, I., & Buntoro, G. A. (2024). *Perancangan Sistem Monitoring Energi Listrik AC Dan DC Berbasis Iot Dengan Web Untuk Efisiensi*. 240–250.
- Irtany, F., & Rochman, S. (2026). *RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK PADA BEBAN RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS*. 16(1), 72–85.
- Jamilatun, S., Rhomadoni, F. R., Astuti, E., Setya, B., Idris, M., & Auliasari, P. A. (2025). *Peran Manajemen Energi terhadap Efisiensi Konsumsi Listrik Rumah Tangga di Indonesia*. 1–12.
- Karjadi, M. (2025). *Optimalisasi Efisiensi Panel Surya dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga*

Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga. 7(4), 3002–3010.

- Lastry, R., Damaris, D., Bangun, B., & Agave, D. (2023). *KAJIAN INVERTER PURE SINE WAVE TERHADAP BEBAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA KAPASITAS 100 WP. 04(02), 70–78.*
- Muqorrobin, Z., Rahmadian, R., Widyartono, M., & wardani, ayusta. (2021). *Rancang Bangun Monitoring PLTS Off-Grid Menggunakan ESP-32 dan HT-UV5R Pada Pesanggrahan Gordomulyo di Magetan Rancang Bangun Monitoring PLTS Off-Grid Menggunakan ESP-32 dan HT-UV5R Pada Pesanggrahan Gordomulyo di Magetan Zufar Permana Muqorrobin Reza Rah.*
- Putra, G. F., Fajar, M., Nauwir, H., & Pangkung, A. (2025). *Sistem Data Logger Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT Menggunakan Sensor PZEM- 004T. 23(1), 93–99.*
- Ramdan, M., & Damayanti, E. (2024). *Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things. 4, 15142–15155.*
- Samsumar, L. D., Zaenudin, Z., Akbar, A., & Suryadi, E. (2023). *Sistem Monitoring dan Kontrol Rumah Pintar Berbasis Internet Of Things Untuk Peningkatan Efisiensi Energi. 3(2), 33–50.*
- Sari, L. O., Saputra, M. F. E., & Safrianti, E. (2024). *Electric Current Monitoring System Based on IoT (Internet of Things) On Solar Panel In Solar Electric Power Plant (PLTS) Laboratory of UIN Suska Riau Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) pada Solar Panel di Laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) UIN Suska Riau. 4(January), 205–211.*
- Setyawan, A., & Ulinuha, A. (2022). *PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA OFF GRID UNTUK SUPPLY CHARGE STATION. 1, 23–28.*