

Perancangan Alat Monitoring dan Manajemen Penggunaan Daya Listrik Pada Rumah UKM Menggunakan Aplikasi *Mobile* Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Design of Monitoring And Management Tool For Electricity Usage In SME Homes Using Mobile Application Based on Internet of Things (IoT)

Mila Nurfadilah¹, Doni Maulana Ihsan^{*2}, Akhmad Fauzi Ikhsan³, Sifa Nurpadillah⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Garut

Jl. Jati No. 42B Tarogong, Garut 44151 – Jawa Barat – Indonesia

donimaulanaihsan12@gmail.com^{*1}

Abstrak – Permasalahan efisiensi energi menjadi tantangan utama bagi pelaku Usaha Kecil Menengah (UKM), terutama ketika daya listrik yang tersedia terbatas dan harus dibagi antara kebutuhan usaha dan rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat monitoring dan manajemen penggunaan daya listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat memisahkan beban prioritas dan non-prioritas secara otomatis. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, serta sensor arus ACS712 dan sensor tegangan ZMPT101B untuk memantau konsumsi listrik. Data penggunaan listrik dikirim secara real-time ke platform ThingSpeak dan ditampilkan melalui aplikasi mobile yang dikembangkan menggunakan MIT App Inventor. Pengujian dilakukan terhadap sensor, modul relay, komunikasi antara perangkat, serta aplikasi monitoring. Selain itu, dilakukan pengukuran delay dan packet loss menggunakan Wireshark untuk memastikan kestabilan sistem komunikasi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memutuskan beban non-prioritas secara otomatis saat Arus melebihi batas yang ditentukan, sistem juga mampu menampilkan data konsumsi listrik secara real-time dengan delay 1,3 ms hingga 2,3 ms dan packet loss 0% dari Smartphone ke ESP32 dan Delay 1.82 ms hingga 5.27 ms serta 0% Packet Loss untuk pengiriman data dari ESP32 ke ThingSpeak. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu UKM dalam mengelola konsumsi listrik secara efisien dan berkelanjutan.

Kata Kunci: *Internet of Things (IoT), Manajemen Daya Listrik, UKM, Monitoring Real-time, ESP32, ThingSpeak, MIT App Inventor.*

Abstract – Energy efficiency has become a major challenge for Small and Medium Enterprises (SMEs), especially when the available electrical power is limited and must be shared between business and household needs. This study aims to design and implement a power monitoring and management system based on the *Internet of Things* (IoT) that can automatically separate priority and non-priority loads. The system utilizes an ESP32 microcontroller, along with ACS712 current sensors and a ZMPT101B voltage sensor to monitor electricity consumption. Power usage data is transmitted in real-time to the ThingSpeak platform and displayed through a mobile application developed using MIT App Inventor. Testing was conducted on the sensors, relay modules, communication between devices, and the monitoring application. Additionally, delay and packet loss measurements were carried out using Wireshark to ensure the stability of the data communication system. The research results show that the system is capable of automatically disconnecting non-priority loads when current consumption exceeds the defined threshold. The system is also able to display real-time electricity consumption data with delays ranging from 1.3 ms to 2.3 ms and 0% packet loss from the smartphone to the ESP32, and delays ranging from 1.82 ms to 5.27 ms with 0% packet loss for data transmission from the ESP32 to ThingSpeak. Therefore, this system can assist SMEs in managing electricity consumption efficiently and sustainably.

Keywords: *Internet of Things (IoT), Power Management, SMEs, Real-time Monitoring, ESP32, ThingSpeak, MIT App Inventor.*

1. Pendahuluan

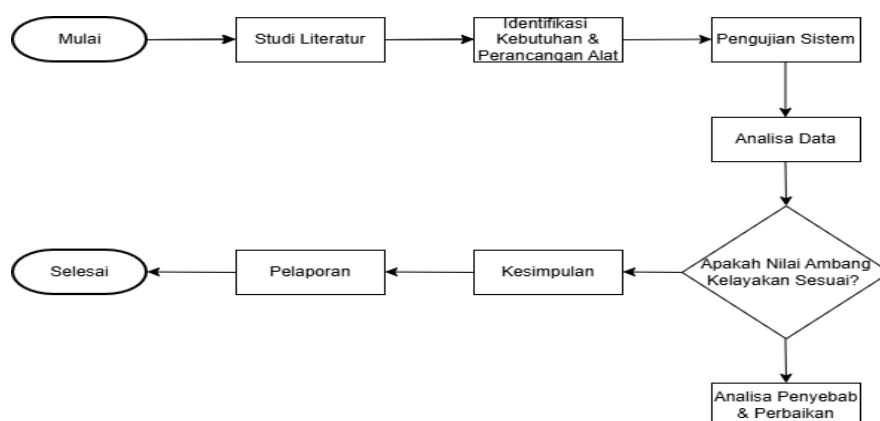
Perkembangan teknologi menjadikan energi listrik sebagai kebutuhan utama dalam menunjang berbagai kegiatan, baik dalam lingkup rumah tangga maupun operasional Usaha Kecil dan Menengah (UKM). UKM memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap ketersediaan energi listrik untuk menjaga kelancaran produksi. Masalah yang sering dihadapi adalah pengelolaan konsumsi listrik yang bijak, terutama dalam memisahkan antara beban prioritas (operasional usaha) dan non-prioritas (kebutuhan rumah tangga).

Pada beberapa UKM, seperti konveksi menjahit, keterbatasan pasokan listrik menjadi hambatan. Dengan daya terbatas, misalnya 1300VA, penggunaan listrik untuk usaha dan rumah tangga secara bersamaan dapat menyebabkan pemadaman, potensi kerusakan peralatan, dan peningkatan biaya operasional[1].

Untuk mengatasi tantangan ini, teknologi manajemen daya berbasis Internet of Things (IoT) dapat menjadi solusi efektif. IoT memungkinkan pengguna memantau konsumsi listrik secara real-time dan mengoptimalkan penggunaan pada perangkat prioritas[2]. Penelitian ini berfokus pada perancangan alat monitoring dan manajemen daya listrik untuk rumah UKM menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor, dan aplikasi mobile, dengan tujuan memisahkan beban prioritas dan non-prioritas secara otomatis.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini Adalah sebagai berikut:



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman teoritis dan menganalisis penelitian terdahulu yang relevan. Fokus tinjauan pustaka (State of the Art) adalah pada sistem monitoring energi berbasis IoT, strategi manajemen energi untuk UKM, dan implementasi pemisahan beban prioritas/non-prioritas. Tinjauan ini membandingkan persamaan dan perbedaan dari lima penelitian terkait untuk memvalidasi kebaruan penelitian. Selain itu, studi literatur mengumpulkan landasan teori mengenai komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan, seperti mikrokontroler ESP32, sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B, serta platform Arduino IDE, MIT App Inventor, dan ThingSpeak.

2.2. Identifikasi Kebutuhan dan Perancangan Alat

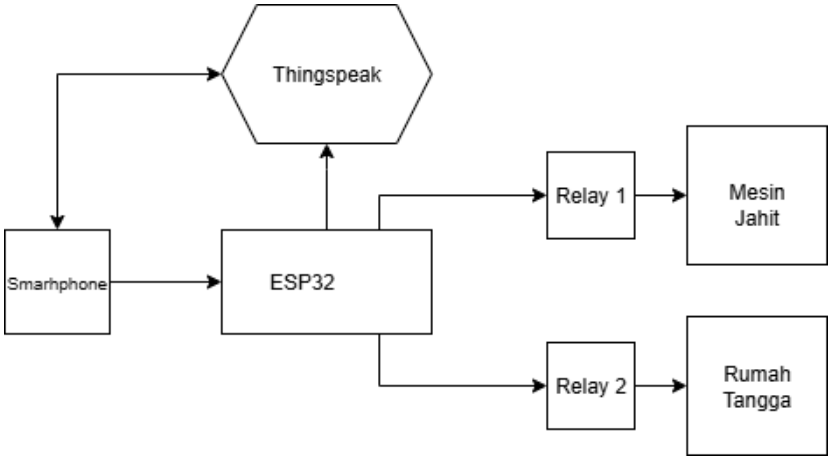
Tahap ini meliputi identifikasi perangkat keras (Hardware) dan perangkat lunak (Software) yang dibutuhkan untuk membangun sistem. Kebutuhan perangkat keras utama dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1 Perangkat Keras dan Lunak yang Digunakan

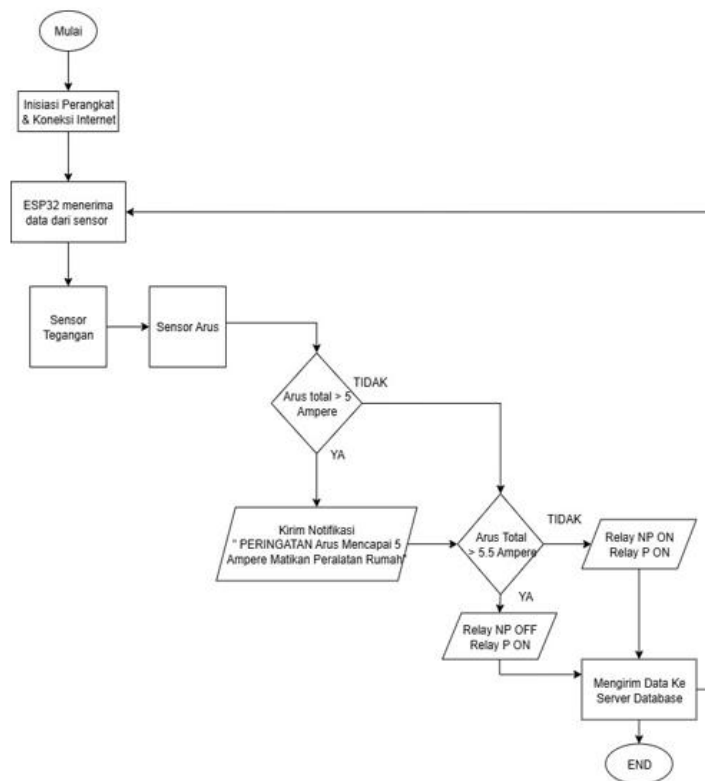
No	Perangkat Keras	Kegunaan
1.	ESP32	Mikrokontroler utama, membaca sensor, dan koneksi WiFi.
2.	Sensor ZMPT101B	Mengukur nilai tegangan AC.
3.	Sensor ACS712	Mengukur arus listrik pada beban prioritas dan non-prioritas.
4.	Relay SPDT 5V (2 unit)	Mengendalikan arus listrik ke bebabn prioritas dan non-prioritas.
5.	Power Supply	Menyediakan tegangan DC untuk perangkat.
6.	Smartphone	Alat monitoring via aplikasi mobile.
	Perangkat Lunak	
1.	Arduino IDE	Digunakan untuk pemrograman ESP32.
2.	MIT App Inventor	Digunakan untuk membuat antarmuka aplikasi Android
3.	ThingSpeak	Platform database IoT untuk penyimpanan data sensor.

Perancangan sistem divisualisasikan menggunakan diagram blok (Gambar 1) dan flowchart (Gambar 2 dan 3). ESP32 berfungsi sebagai pusat pengontrol yang menerima data dari sensor dan mengirimkannya ke ThingSpeak. Sistem membagi beban menggunakan dua relay: Relay 1 (Prioritas) untuk mesin jahit dan Relay 2 (Non-Prioritas) untuk rumah tangga. Aplikasi mobile pada smartphone mengambil data dari ThingSpeak untuk ditampilkan secara real-time.

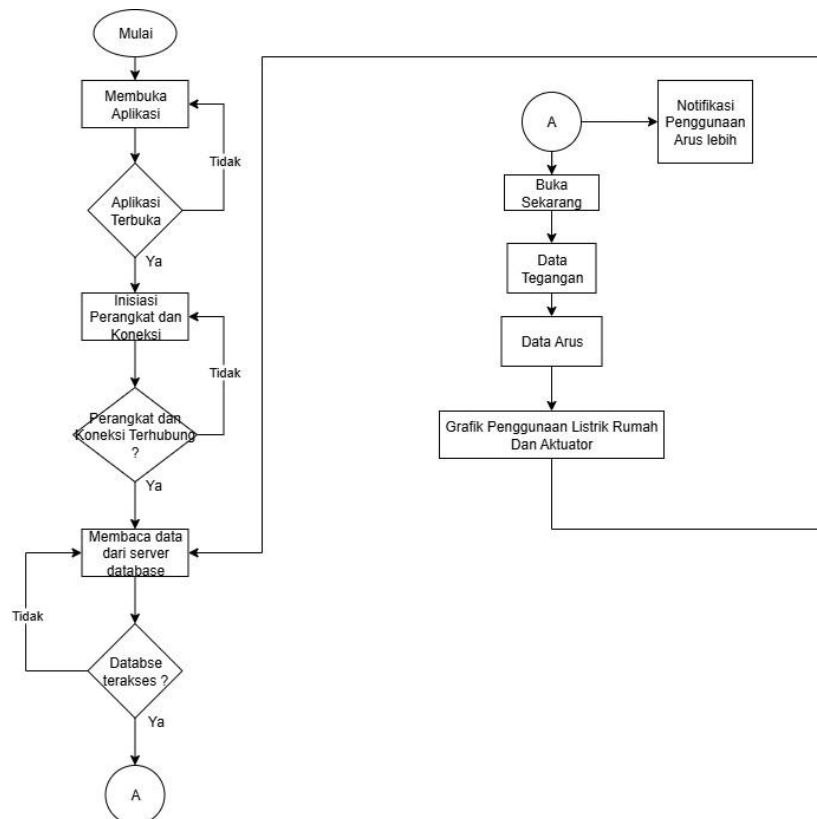
Alur kerja sistem (Gambar 2) dirancang untuk memutus beban non-prioritas secara otomatis jika total arus terpakai melebihi batas 5.5 Ampere, dan mengirim notifikasi peringatan saat mencapai 5 Ampere.



Gambar 2. Diagram Blok



Gambar 3. Flowchart Sistem



Gambar 4. *Flowchart* Aplikasi

2.3. Pengujian Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi fungsionalitas dan kinerja sistem secara komprehensif. Pengujian mencakup beberapa aspek, yaitu:

- Pengujian akurasi Sensor Tegangan ZMPT101B.
- Pengujian akurasi Sensor Arus ACS712.
- Pengujian fungsionalitas Modul Relay.
- Pengujian Aplikasi Monitoring dan Notifikasi.
- Pengujian Kinerja Jaringan (Delay & Packet Loss).
- Pengujian Sistem Keseluruhan (Otomatisasi Manajemen Beban).

2.4. Analisis Data

Analisis data kinerja komunikasi dilakukan untuk mengukur delay dan packet loss menggunakan software Wireshark. Delay dihitung dengan mengukur selisih waktu antara pengiriman permintaan HTTP dan penerimaan respons (HTTP/1.1 200 OK). Pengujian ini mencakup dua jalur: (1) dari Smartphone ke ESP32 untuk perintah kontrol, dan (2) dari ESP32 ke server ThingSpeak untuk pengiriman data sensor. Packet loss dihitung 0% jika semua permintaan mendapat respons 200 OK.

3. Hasil dan Pembahasan

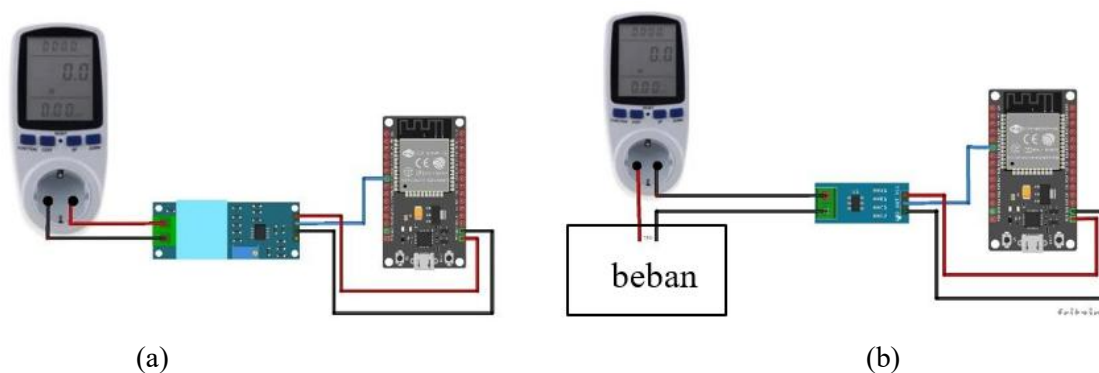
Pada tahap ini, dilakukan evaluasi terhadap hasil pengujian alat dan sistem yang telah dirancang sebelumnya. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa perangkat dan sistem dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi dan fungsionalitas yang telah ditentukan dalam perancangan.

Pengujian dibagi menjadi beberapa kelompok untuk mengevaluasi kondisi sistem secara sistematis:

- a. Pengujian akurasi sensor,
- b. Pengujian stabilitas komunikasi data (delay dan packet loss), dan
- c. Pengujian fungsionalitas sistem keseluruhan, termasuk manajemen beban otomatis

3.1. Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian akurasi sensor sangat krusial untuk memastikan data yang dibaca oleh mikrokontroler valid dan sesuai dengan kondisi kelistrikan yang sebenarnya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai keluaran sensor ZMPT101B (Tegangan) dan ACS712 (Arus) secara langsung dengan alat ukur standar AVometer digital. Skema pengukuran untuk kedua sensor ditunjukkan pada Gambar [X] dan [Y].



Gambar 5. (a) Pengukuran ZMPT101B (b) Pengukuran ACS712

Hasil rata-rata dari pengujian akurasi sensor dirangkum pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor ZMPT101b

No	Alat Pengukur	Sensor ZMPT101b	Selisih	Error (%)
1	228.5	227.3	1.2	0.52%
2	228.8	227.5	1.3	0.57%
3	228.6	227.4	1.2	0.52%
4	228.7	227.35	1.35	0.59%
5	228.5	227.3	1.2	0.52%
6	228.3	227.2	1.1	0.48%
7	228.8	227.5	1.3	0.57%
8	228.1	227.3	0.8	0.35%
	Rata-rata	227.38	1.21	0.52%

Berdasarkan Tabel 2, dapat diamati bahwa sensor tegangan ZMPT101B memiliki akurasi yang sangat tinggi. Dengan perbandingan terhadap AVometer, rata-rata error pembacaan hanya 0.52%. Hal ini menunjukkan sensor tegangan bekerja dengan presisi yang sangat baik.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor ACS712

No	Beban	Alat Pengukur	Sensor ACS712	Selisih	Error (%)
1	Lampu Bohlam 20W	0.09	0.10	0.01	11.1
2	Kipas Angin 50W	0.22	0.24	0.02	9.1
3	Laptop 65 W	0.28	0.30	0.02	7.1
4	Charger HP 25W	0.11	0.12	0.01	9.1
5	Lampu 100W	1.43	1.46	0.03	2.0
	Rata-rata Selisih			0.018	7.7%

Untuk sensor arus ACS712, hasil pengujian menunjukkan rata-rata error sebesar 7.7%. Meskipun terdapat selisih, nilai error ini masih dapat diterima (acceptable) untuk aplikasi pemantauan konsumsi daya dan sistem manajemen beban pada level rumah tangga dan UKM, di mana presisi tinggi hingga satuan miliampere tidak menjadi faktor kritis.

3.2. Pengujian Stabilitas Komunikasi Data (Delay dan Packet Loss)

Sensor terbukti akurat, pengujian dilanjutkan untuk memastikan data dapat dikirim dan diterima secara andal (reliable) melalui jaringan WiFi. Sistem IoT yang responsif membutuhkan delay (waktu tunda) yang rendah dan packet loss (kehilangan data) 0%. Pengujian ini menggunakan software Wireshark.

Pengujian dilakukan pada dua jalur komunikasi utama:

Jalur Kontrol: Perintah dari Smartphone (aplikasi) ke ESP32.

Jalur Monitoring: Pengiriman data dari ESP32 ke database cloud (ThingSpeak).

No.	Source	Destination	Protocol	Length	Info
179	192.168.1.15	192.168.1.14	HTTP	218	GET /log.php?event=relay2on HTTP/1.1
180	192.168.1.14	192.168.1.15	HTTP	321	HTTP/1.1 200 OK (text/html)

Gambar 6. Hasil Capture Wireshark

Tabel 4. Pengujian Stabilitas Komunikasi Data (Delay & Packet Loss)

No	Perintah	Delay (ms)	Packet Loss	Keterangan
1	GET /relay2off	1.9	HTTP/1.1 200 OK	Relay non-prioritas dimatikan
2	GET /relay2on	2.0	HTTP/1.1 200 OK	Relay non-prioritas dinyalakan
3	GET /relay2off	2.2	HTTP/1.1 200 OK	Perintah ulang matikan non-prioritas
4	GET /relay2on	1.8	HTTP/1.1 200 OK	Perintah ulang nyalakan non-prioritas
5	GET /relay2off	2.1	HTTP/1.1 200 OK	Relay non-prioritas dimatikan kembali

No	Waktu Pengiriman (detik)	Delay (ms)	Packet Loss
1	15.248	1.97	HTTP/1.1 200 OK
2	21.209	1.99	HTTP/1.1 200 OK
3	26.515	2.90	HTTP/1.1 200 OK
4	31.253	5.27	HTTP/1.1 200 OK
5	32.555	2.02	HTTP/1.1 200 OK
6	45.991	1.86	HTTP/1.1 200 OK
7	47.722	1.87	HTTP/1.1 200 OK
8	52.129	1.82	HTTP/1.1 200 OK
9	65.014	2.02	HTTP/1.1 200 OK
10	66.159	2.18	HTTP/1.1 200 OK

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan kinerja jaringan yang sangat baik. Delay untuk mengontrol alat (Smartphone ke ESP32) hanya berkisar 1.8 ms hingga 2.2 ms, yang terasa instan bagi pengguna. Delay untuk mengirim data monitoring (ESP32 ke ThingSpeak) juga sangat rendah, berkisar 1.82 ms hingga 5.27 ms.

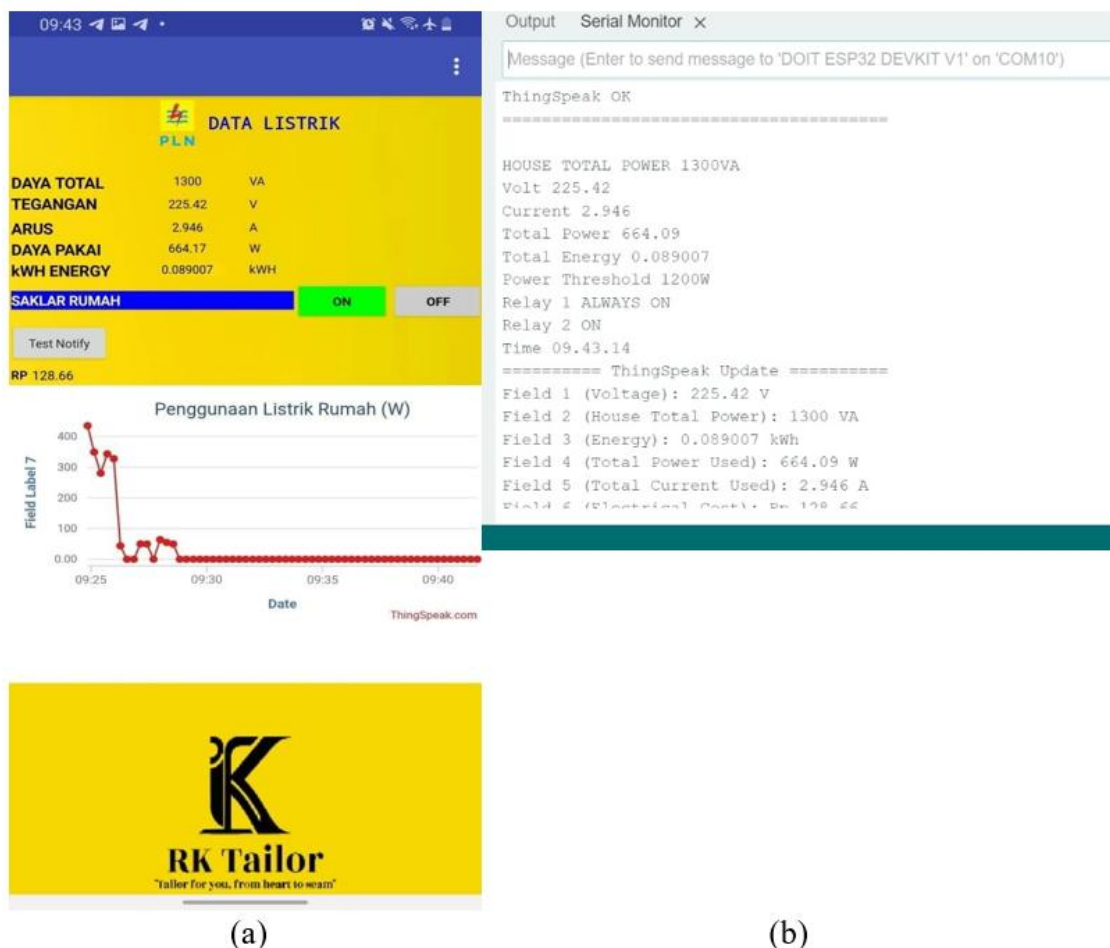
3.3. Pengujian Fungsionalitas Sistem Keseluruhan

Ini adalah pengujian utama untuk memvalidasi fungsi inti alat: manajemen beban otomatis di lokasi UKM Konveksi. Pengujian ini memastikan aplikasi dan logika otomatisasi pada ESP32 bekerja sesuai skenario yang dirancang.

- Fungsionalitas Aplikasi dan Notifikasi Pengujian antarmuka aplikasi (dibuat dengan MIT App Inventor) menunjukkan semua fungsionalitas bekerja:

Dashboard: Aplikasi berhasil menampilkan data real-time (Tegangan, Arus, Daya) yang dikirim dari ESP32 melalui ThingSpeak. Data yang tampil terverifikasi sesuai dengan data pada Serial Monitor.

Notifikasi: Sistem dirancang untuk memberi peringatan pada 5 Ampere. Saat pengujian beban mencapai 5A, aplikasi berhasil menampilkan notifikasi pop-up "PERINGATAN!!! Arus Mencapai 5A Matikan Peralatan Rumah"



Gambar 7 (a) Perbandingan Saklar dan Data Listrik pada Aplikasi (b) dan Serial Monitor



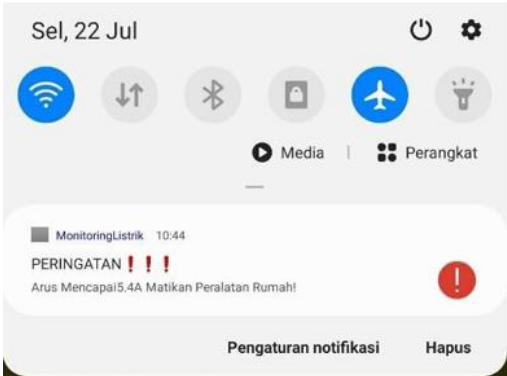
Gambar 8 Tempat pelaku UKM Menjahit

- b. Manajemen Beban Otomatis (Uji Skenario) Sistem diprogram dengan batas arus maksimum (Threshold) sebesar 5.5 Ampere. Jika total arus melebihi batas ini, sistem akan otomatis memutus beban Non-Prioritas (Rumah Tangga) untuk menyelamatkan beban Prioritas (Mesin Jahit).

Tabel 5. Skenario 1: Pengujian Otomatisasi

Pengujian	Spesifikasi	Kondisi	Max Data Hasil	Keterangan
2 Mesin Jahit (Prioritas)	2.4+2.4A	ON/Operasi	225.31V 4.94A	Saklar Non prioritas masih menyala
Teko Listrik (Non Prioritas)	1.5A	ON		
Lampu	0.4A	ON		<5.5A

Pada skenario pertama (Tabel 5), 2 Mesin Jahit (Prioritas) dioperasikan bersamaan dengan Teko Listrik dan Lampu (Non-Prioritas). Total arus terukur adalah 4.94 A. Karena 4.94A berada di bawah batas 5.5A, sistem mengidentifikasi kondisi ini sebagai "Beban Aman". Hasilnya, Saklar Non-Prioritas (Listrik Rumah) tetap menyala (ON), sesuai dengan rancangan.

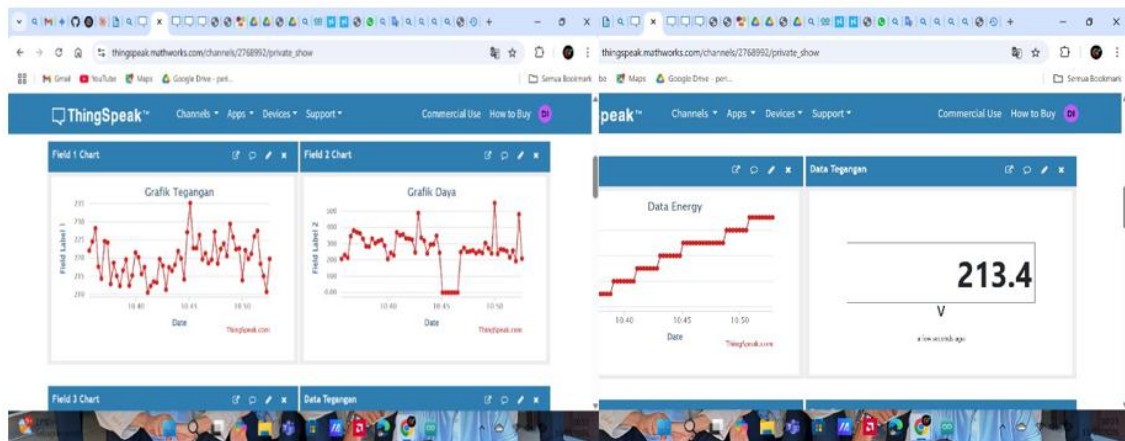


Gambar 9 Notifikasi peringatan

Tabel 6. Skenario 2: Pengujian Otomatisasi

Pengujian	Spesifikasi	Kondisi	Max Data Hasil	Keterangan
2 Mesin Jahit (Prioritas)	2.4+2.4A	ON/Operasi	221.37V 5.53A	Saklar prioritas >5.5A Non mati
Lampu	0.4A	ON		
Setrika	2A	ON		

Pembahasan Skenario 2: Pada skenario kedua (Tabel 4), beban non-prioritas diganti dengan Lampu dan Setrika. Kombinasi beban ini menyebabkan total arus keseluruhan melonjak menjadi 5.53 A. Nilai ini terdeteksi telah melampaui batas maksimum 5.5A. Akibatnya, sistem secara otomatis mengeksekusi perintah untuk memutus terminal Non-Prioritas (Saklar Mati). Terminal prioritas (Konveksi Menjahit) tetap beroperasi dengan stabil tanpa gangguan.



Gambar 10 Thingspeak Pengujian Mesin Jahit

Temuan ini membuktikan bahwa sistem manajemen beban berhasil berfungsi sesuai rancangan. Sistem mampu mencegah pemadaman listrik total (MCB trip) akibat kelebihan beban dengan memprioritaskan operasional UKM.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem, dapat ditarik kesimpulan bahwa alat monitoring dan manajemen penggunaan listrik berbasis IoT ini berhasil dirancang dan diimplementasikan. Sistem yang dirancang berhasil memonitor penggunaan daya listrik secara real-time menggunakan sensor ZMPT101b (error 0.52%) dan sensor ACS712 (error 7.7%), yang datanya ditampilkan melalui aplikasi mobile berbasis MIT App Inventor. Pengelolaan beban listrik dengan sistem pemisahan antara beban prioritas (usaha) dan non-prioritas (rumah tangga) berhasil dilakukan secara otomatis menggunakan relay yang dikontrol oleh ESP32 pada threshold 5.5 Ampere. Hal ini terbukti mampu mencegah pemadaman akibat kelebihan daya pada UKM konveksi. Aplikasi mobile dapat menampilkan informasi secara jelas, serta didukung oleh komunikasi data yang stabil dengan delay sangat rendah (berkisar 1.82 ms hingga 5.27 ms) dan packet loss 0%, sehingga sistem ini efektif membantu pengguna dalam mengelola konsumsi listrik secara efisien dan responsif.

Ucapan Terima Kasih

Segala puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Garut, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kerja sama selama proses penelitian ini berlangsung.

Referensi

- [1] D. and E. Osebo, "Finance and Management Scholar at Riphah International University Islamabad, Pakistan, Faculty of Management Sciences," *Res. J. Financ. Account.*, vol. 10, no. No 1, pp. 7-15, 2019, doi: 10.7176/RJFA.
- [2] R. Alshahrani, A. Rizwan, M. A. Alomar, and G. Fotis, "IoT-Based Sustainable Energy Solutions for Small and Medium Enterprises (SMEs)," *Energies*, vol. 17, no. 16, 2024, doi: 10.3390/en17164144.
- [3] Humas Kementerian Koperasi dan UKM, "KemenKopUKM Gelar Business Matching UKM Unggulan dengan Mitra Potensial Lokal dan Global," Kementerian Koperasi dan UKM Republik Indonesia.
- 4] M. N. Rofiq, W. Hidayat, and B. Prabawani, "Analisis Eko-Efisiensi Pada Usaha Kecil Dan Menengah (Ukm) Tahu Tamyiz Di Kabupaten Kendal," *J. Ilmu Adm. Bisnis*, vol. 12, no. 1, pp. 218-228, 2023, [Online].*didik. Guru Sekol. Dasar*, vol. 6, no. August, p. 128, 2016.
- [5] D. A. Putra and R. Mukhaiyar, "Monitoring Daya Listrik Secara Real Time," *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform.*, vol. 8, no. 2, p. 26, 2020, doi: 10.24036/voteteknika.v8i2.109138.