

Sistem Monitoring dan Pembatas Stop Kontak Dengan Early Warning Berbasis Node-RED dan Telegram

Muhammad Rizal Izzuddin^{1*}, Aditya Chandra Hermawan², Mahendra Widyartono³, Daeng Rahmatullah⁴
1,2,3,4 Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Article Info

Article history:
Received Juli 31, 2026
Revised Agustus 01, 2026
Accepted Agustus 02, 2026

Keywords:

Current limiter
Early warning
Electrical monitoring
Node-RED
PZEM-004T
Telegram

ABSTRACT

Pada sebagian rumah kos lama, satu kWh meter dan satu Miniature Circuit Breaker (MCB) masih digunakan untuk beberapa kamar sehingga konsumsi energi setiap kamar sulit dipantau secara terpisah dan penggunaan arus berlebih pada satu kamar belum tentu segera mencapai karakteristik pemutusan MCB utama. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi sistem monitoring serta pembatas arus pada satu stop kontak lokal berbasis Internet of Things untuk mendukung pemantauan konsumsi energi dan pembatasan penggunaan arus pada kamar kos. Penelitian menggunakan metode rancang bangun yang meliputi studi literatur, identifikasi masalah dan penetapan tujuan, perancangan sistem, implementasi dan konfigurasi alat, pengujian, perbaikan apabila ditemukan kesalahan, pengambilan data, serta analisis hasil. Sistem menggunakan ESP32, sensor PZEM-004T, relai, LCD, keypad 4×4, Node-RED, Telegram, dan Google Spreadsheet. Pengujian meliputi akurasi sensor, waktu respons pemutus otomatis, fungsi sistem, keandalan operasi, serta monitoring dan kontrol berdasarkan jarak. Peringatan dini diberikan ketika arus mencapai 90% dari batas yang diatur, sedangkan pemutusan dilakukan ketika arus lebih bertahan selama 2 detik. Batas arus dapat diatur pada rentang 0,50–3,00 A. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata kesalahan pengukuran tegangan sebesar 0,07% dan arus sebesar 3,43%. Pada rentang arus 1,68–3,67 A, kesalahan pengukuran berada pada 0,00–1,19%. Waktu tunda internal ESP32 tercatat konsisten sebesar 2,00 detik, sedangkan waktu respons keseluruhan berada pada rentang 3,83–4,77 detik dengan rata-rata 4,26 detik. Sistem mampu beroperasi lebih dari 48 jam dan seluruh fungsi monitoring serta kontrol melalui Telegram dan Node-RED berhasil pada jarak pengujian hingga 2,5 km. Hasil tersebut menunjukkan bahwa prototipe mampu menjalankan fungsi monitoring, pembatasan arus, pencatatan energi, dan kontrol jarak jauh pada kondisi pengujian.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Muhammad Rizal Izzuddin,
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Kampus UNESA Ketintang, Jalan Ketintang, Gayungan, Surabaya 60231, Indonesia
Email: muh.rizalizzuddin@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi kebutuhan utama untuk mendukung aktivitas rumah tangga. Peningkatan jumlah peralatan listrik mendorong perlunya pemantauan penggunaan energi dan pengendalian beban secara lebih terukur. Sistem berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan parameter kelistrikan dipantau secara waktu nyata dan beban dikendalikan dari jarak jauh [1]. Penerapan IoT pada bangunan bertingkat dan rumah tinggal juga menunjukkan bahwa informasi energi dapat disajikan secara lebih transparan kepada pengguna [2], [3].

Permasalahan menjadi lebih kompleks pada sebagian rumah kos lama yang masih menggunakan satu meter kWh dan satu Miniature Circuit Breaker (MCB) untuk beberapa kamar. Kondisi tersebut menyebabkan konsumsi setiap kamar sulit diketahui secara terpisah dan pembagian biaya listrik berpotensi tidak proporsional. Selain itu, penggunaan

beban berlebih pada satu stop kontak lokal belum tentu segera memicu MCB utama karena proses pemutusan dipengaruhi oleh besar arus dan karakteristik waktu-arus perangkat proteksi [4], [5]. Oleh karena itu, diperlukan pembatas lokal yang bekerja sebagai pelengkap pemantauan, bukan sebagai pengganti MCB atau sekering instalasi.

Node-RED dapat mengintegrasikan sensor, aktuator, dan protokol komunikasi MQTT dalam suatu alur pemrosesan serta menampilkan data melalui *dashboard* [6]. Telegram dapat digunakan sebagai media notifikasi dan pengendalian karena menyediakan Bot API yang mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler [7]. Penelitian sebelumnya telah menerapkan PZEM-004T dan Node-RED untuk memantau serta memutus arus pada kabel ekstensi [8]. Penelitian lain mengembangkan pemantauan tegangan-arus, distribusi listrik rumah kos, serta pengendalian beban melalui Node-RED, MQTT, dan Telegram [9]–[13].

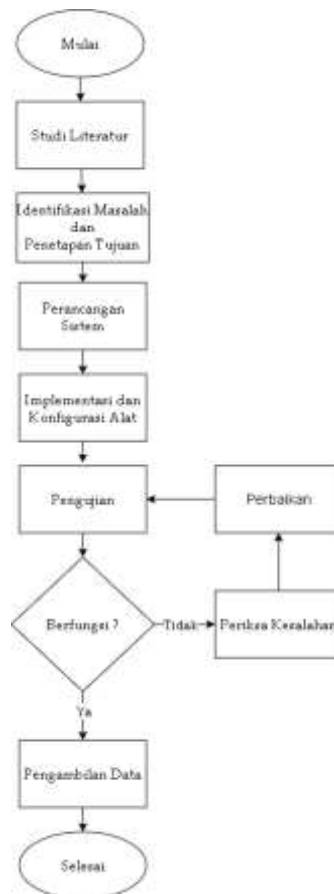
Pada konteks rumah kos lama yang masih menggunakan satu kWh meter dan satu MCB untuk beberapa kamar, penelitian terdahulu belum secara khusus mengintegrasikan pemantauan konsumsi energi dan pembatasan arus pada satu stop kontak lokal dengan peringatan dini sebelum pemutusan. Sistem yang telah dikembangkan umumnya berfokus pada pemantauan atau pemutusan beban tanpa menggabungkan pengaturan batas arus dan tarif oleh pengguna, pencatatan energi bulanan, mekanisme penyambungan kembali terbatas, serta evaluasi waktu respons internal dan keseluruhan sistem. Pemantauan kualitas layanan jaringan pada perangkat IoT juga diperlukan karena waktu respons komunikasi dapat dipengaruhi oleh kondisi jaringan dan layanan perantara [14], [15].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi sistem monitoring dan pembatas arus pada satu stop kontak lokal untuk membantu pemantauan konsumsi energi dan membatasi penggunaan arus pada kamar kos yang masih menggunakan satu kWh meter dan satu MCB. Sistem dikembangkan menggunakan ESP32, PZEM-004T, Node-RED, Telegram, dan Google Spreadsheet. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi early warning ketika arus mencapai 90% dari batas, pemutusan berbasis waktu tunda 2 detik menggunakan interupsi pewaktu perangkat keras, mekanisme reclose maksimal tiga kali, kondisi *Locked*, pengaturan lokal dan jarak jauh, serta pencatatan energi dan biaya. Evaluasi dilakukan terhadap akurasi sensor, waktu respons pemutus otomatis, keberhasilan fungsi sistem, keandalan operasi, serta kinerja pemantauan dan kontrol pada beberapa jarak pengujian.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

Penelitian menggunakan metode rancang bangun yang terdiri atas studi literatur, identifikasi masalah, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pembuatan prototipe, konfigurasi komunikasi, pengujian, pengambilan data, dan analisis hasil. Prototipe ditempatkan pada satu stop kontak lokal dan diuji menggunakan beberapa variasi beban listrik. Sistem dirancang agar fungsi pembatasan lokal tetap berjalan ketika koneksi internet terputus.

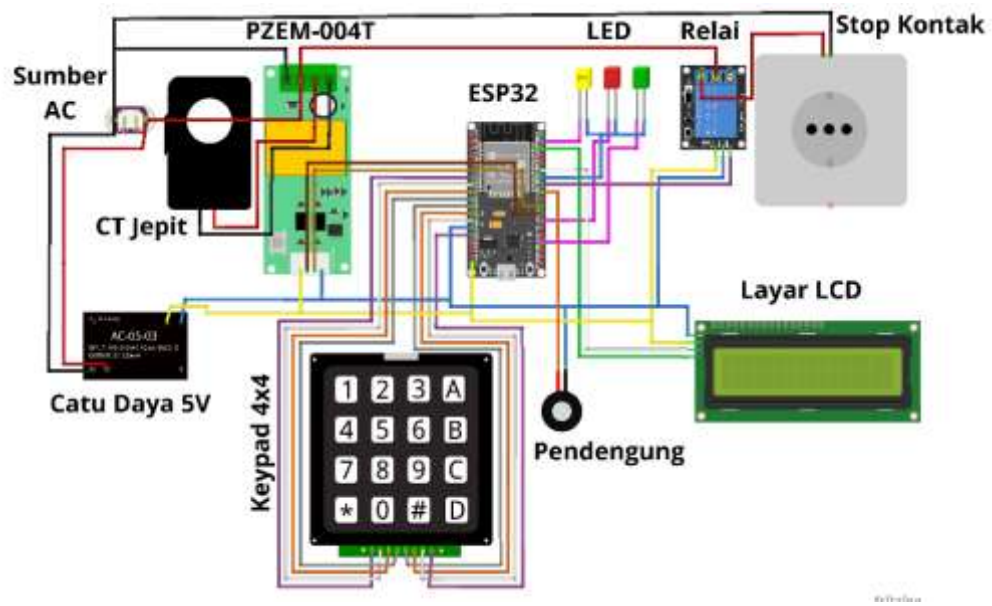


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian yang dimulai dari studi literatur, identifikasi masalah, dan penetapan tujuan, kemudian dilanjutkan dengan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, konfigurasi alat, pengujian, perbaikan apabila sistem belum berfungsi, serta pengambilan data setelah seluruh fungsi dinyatakan berjalan.

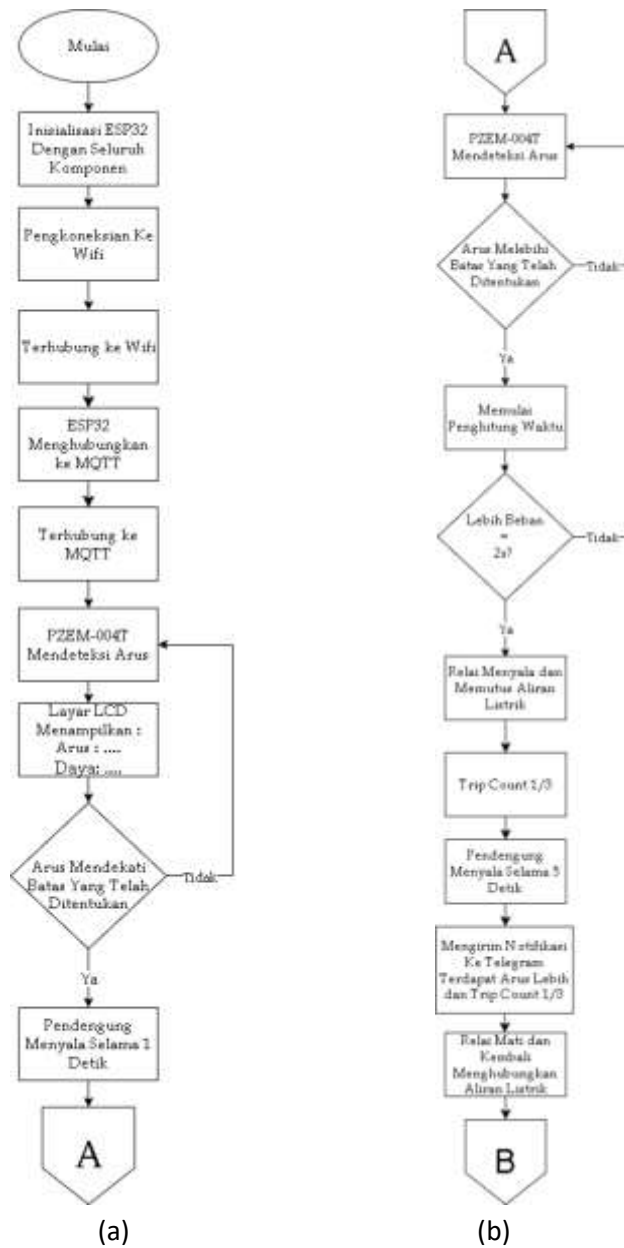
2.2. Perancangan Sistem

ESP32 digunakan sebagai pengendali utama. Sensor PZEM-004T mengukur tegangan, arus, daya, energi, faktor daya, dan frekuensi. LCD 16×2 menampilkan parameter dan status, sedangkan keypad 4×4 digunakan untuk memilih tampilan, mengatur batas arus, tarif listrik, kata sandi, serta mengatur ulang kondisi *Locked*. Relai dipasang pada jalur keluaran untuk menghubungkan atau memutus beban. Pendengung dan LED memberikan indikator peringatan, pemutusan, serta status Wi-Fi. Data dikirim melalui MQTT menuju Node-RED, perintah dan notifikasi diproses melalui Telegram, sedangkan data historis disimpan pada Google Spreadsheet. Skema hubungan komponen ditunjukkan pada Gambar 2.

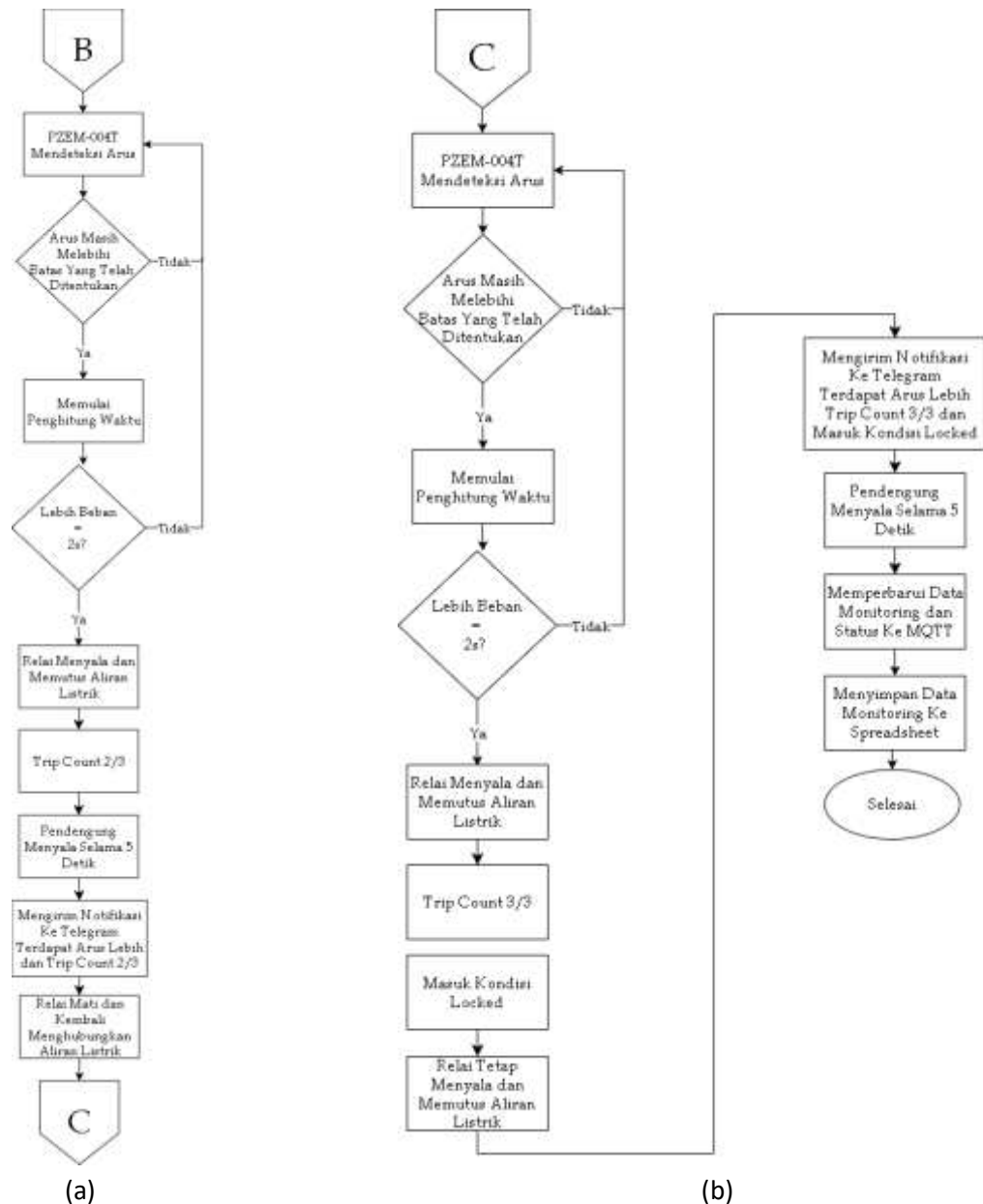


Gambar 2. Skema Perancangan Sistem Monitoring dan Pembatas Stop Kontak

Alur kerja utama sistem ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Diagram tersebut menjelaskan proses inisialisasi, pembacaan arus, peringatan dini, pemutusan otomatis, penyambungan kembali, kondisi *Locked*, pengiriman notifikasi, serta pencatatan data.



Gambar 3. Diagram Alir Utama Sistem: (a) Sistem 1 dan (b) Sistem 2



Gambar 4. Diagram Alir Utama Sistem: (a) Sistem 3 dan (b) Sistem 4

Pada Gambar 3(a), sistem menginisialisasi komponen, menghubungkan Wi-Fi dan MQTT, membaca arus, menampilkan parameter pada LCD, serta mengaktifkan pendengung ketika arus mencapai 90% dari batas. Gambar 3(b) menunjukkan pemutusan pertama setelah arus lebih bertahan selama 2 detik, pencatatan jumlah pemutusan 1/3, pengiriman notifikasi Telegram, dan penyambungan kembali setelah 5 detik. Gambar 4(a) menunjukkan proses yang sama pada pemutusan kedua, sedangkan Gambar 4(b) menunjukkan pemutusan ketiga yang membawa sistem ke kondisi *Locked*, memperbarui status melalui MQTT, dan menyimpan data ke Google Spreadsheet.

Batas arus ditetapkan pada rentang 0,50–3,00 A sebagai spesifikasi operasional prototipe. Nilai 3,00 A digunakan untuk membatasi penggunaan beberapa peralatan berdaya relatif besar pada satu stop kontak lokal, sedangkan nilai 0,50 A menjadi batas pengaturan terendah. Ketika arus mencapai 90% dari batas, sistem mengaktifkan peringatan. Apabila arus melebihi batas selama 2 detik, relai memutus beban. Ketika terjadi pemutusan maka sistem melakukan *reclose* setelah 5 detik. Pemutusan ketiga menyebabkan kondisi *Locked* sehingga beban tetap terputus sampai penyebab arus lebih diatasi dan sistem diatur ulang.

2.3. Metode Pengujian

Akurasi tegangan dan arus diuji dengan membandingkan pembacaan PZEM-004T terhadap multimeter pada kondisi beban yang sama. Persentase kesalahan dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Kesalahan (\%)} = \frac{|PZEM - MULTIMETER|}{MULTIMETER} \times 100\% \quad (1)$$

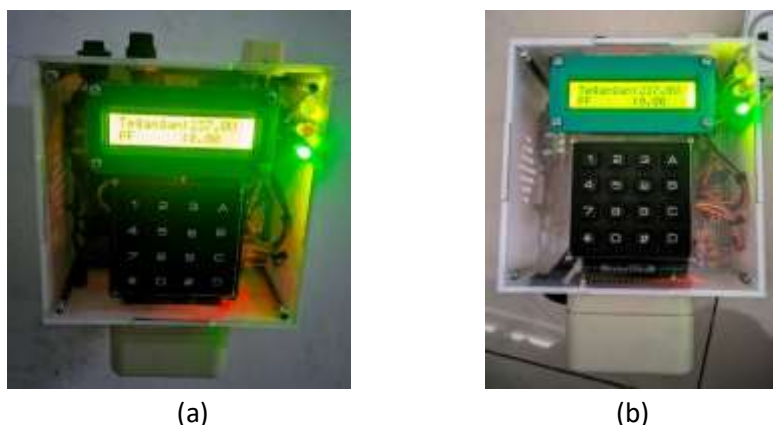
Waktu respons pemutus diuji melalui dua metode. Pencatatan internal ESP32 mengukur interval sejak arus lebih terdeteksi sampai perintah pemutusan diberikan, sedangkan *stopwatch* digital mengukur respons keseluruhan sejak beban dihubungkan sampai aliran listrik terputus. Pengujian fungsional mencakup pemantauan, pengaturan, *early warning*, pemutusan, *reclose*, *Locked*, reset, kontrol relai, dan pencatatan data. Keandalan diuji melalui operasi kontinu lebih dari 48 jam. Pengujian jarak dilakukan pada 10 m, 100 m, 500 m, 1 km, dan 2,5 km dengan dua kali percobaan pada setiap lokasi. Keberhasilan dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah Percobaan Berhasil}}{\text{Jumlah Seluruh Percobaan}} \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Implementasi Sistem

Prototipe berhasil direalisasikan menggunakan akrilik dengan ketebalan 3 mm. Bagian depan memuat Layar LCD, keypad, dan LED, sedangkan sakelar, sekering, pendengung, steker masukan, dan stop kontak keluaran ditempatkan pada panel sesuai kebutuhan pengoperasian. Tampilan prototipe ditunjukkan pada Gambar 5. Seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi untuk membaca parameter, mengubah pengaturan, menjalankan proteksi, serta mengirimkan data melalui internet.



Gambar 5. Implementasi Prototipe: (a) Pemasangan Pada Stop Kontak dan (b) Tampak Depan Alat

Telegram menyediakan perintah untuk menampilkan status, mengatur batas arus dan tarif, mengatur ulang energi bulanan, serta mengendalikan relai. Node-RED menampilkan tegangan, arus, daya, energi, biaya, faktor daya, frekuensi, status sistem, relai, dan sumber kontrol. Tampilan antarmuka ditunjukkan pada Gambar 6. Perintah relai dari Telegram maupun Node-RED tidak menonaktifkan fungsi proteksi lokal.



(a)



(b)

Gambar 6. Antarmuka Sistem: (a) Bot Telegram dan (b) *Dashboard* Node-RED

3.2. Akurasi Sensor PZEM-004T

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengujian Akurasi Sensor

Parameter	n	PZEM-004T	Referensi	Rata-rata kesalahan	Rentang kesalahan
Tegangan	10	236,4–237,9 V	237,3–237,8 V	0,07%	0,00–0,42%
Arus Seluruh Beban	10	0,15–3,70 A	0,13–3,67 A	3,43%	0,00–15,38%
Arus Operasi 1,68–3,67 A	8	1,70–3,70 A	1,68–3,67 A	0,70%	0,00–1,19%

Rata-rata kesalahan tegangan sebesar 0,07% menunjukkan bahwa pembacaan PZEM-004T mendekati pengukuran multimeter. Kesalahan arus keseluruhan sebesar 3,43% dipengaruhi dua pengujian pada arus rendah, yaitu 0,13–0,15 A, karena selisih 0,02 A menghasilkan persentase kesalahan 13,33% dan 15,38%. Pada rentang operasi 1,68–3,67 A, kesalahan hanya 0,00–1,19% dengan rata-rata sekitar 0,70%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor lebih representatif pada beban yang sesuai dengan rentang pembatasan prototipe.

3.3. Waktu Respons Pemutus Otomatis

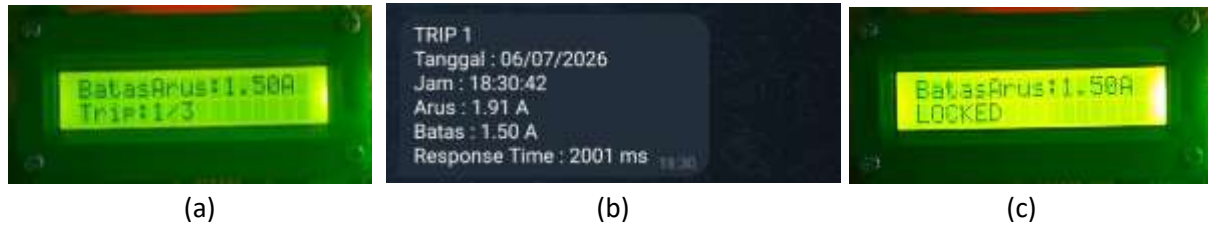
Tabel 2. Ringkasan Pengujian Waktu Respons Pemutus Otomatis

Batas arus	n	Arus terbaca	Internal ESP32	Rata-rata stopwatch	Rentang stopwatch
1,00 A	5	1,70 A	2,00 Detik	4,19 Detik	3,83–4,77 Detik
2,00 A	5	2,06–2,12 A	2,00 Detik	4,34 Detik	3,94–4,73 Detik
3,00 A	5	3,54–3,56 A	2,00 Detik	4,25 Detik	4,02–4,51 Detik
Keseluruhan	15	1,70–3,56 A	2,00 Detik	4,26 Detik	3,83–4,77 Detik

Pencatatan internal menunjukkan waktu 2,00 detik pada seluruh 15 percobaan. Hasil tersebut membuktikan bahwa interupsi pewaktu perangkat keras mampu menjalankan waktu tunda secara konsisten setelah kondisi arus lebih terdeteksi. Pengukuran menggunakan *stopwatch* menghasilkan rata-rata 4,26 detik karena mencakup pembacaan PZEM-004T, pendeteksian arus lebih, waktu tunda 2 detik, pemrosesan ESP32, dan aktuasi mekanis relai. Oleh karena itu, selisih 2,26 detik tidak menunjukkan penyimpangan pewaktu, melainkan perbedaan titik awal dan cakupan pengukuran.

3.4. Pengujian Proteksi, Fungsi, dan Keandalan

Ketika arus mencapai 90% dari batas, pendung aktif sekitar 1 detik dan kembali memberikan peringatan setiap 60 detik selama kondisi masih berlangsung. Arus yang melebihi batas selama 2 detik menyebabkan relai memutus beban, LCD menampilkan jumlah pemutusan, dan Telegram mengirimkan notifikasi. Setelah pemutusan ketiga, sistem masuk kondisi Locked dan mencegah penyambungan kembali sampai pengguna mengurangi beban serta menekan tombol D. Contoh tampilan pemutusan dan Locked ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Respons Proteksi: (a) Status *Trip* Pada Layar LCD, (b) Notifikasi Telegram, dan (c) Kondisi *Locked*

Tabel 3. Ringkasan Pengujian Fungsional dan Keandalan

Fungsi	Hasil pengujian	Status
Pemantauan LCD, Telegram, dan Node-RED	Data dan Status Ditampilkan	Berhasil
Pengaturan Batas, Tarif, dan PIN	Nilai Tersimpan dan Digunakan	Berhasil
<i>Early Warning</i>	Aktif Ketika Arus Mencapai 90% dari Batas	Berhasil
<i>Trip</i> dan <i>Reclose</i>	Memutus Ketika Arus Lebih Terjadi Selama 2 Detik; <i>reclose</i> Selama 5 Detik	Berhasil
<i>Locked</i> dan <i>Reset</i>	Terkunci Setelah <i>Trip</i> Ketiga; Reset Melalui Keypad	Berhasil
Pencatatan Google Spreadsheet	Data Terkirim Setiap 120 Detik	Berhasil
Operasi Kontinu	>48 Jam Tanpa Hang atau <i>Restart</i>	Berhasil

Pengujian keandalan menunjukkan sistem beroperasi lebih dari 48 jam tanpa *hang*, restart, atau kegagalan fungsi utama. Data pada Google Spreadsheet tercatat secara berkelanjutan dari 4 hingga 6 Juli 2026. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan proses *non-blocking* memungkinkan fungsi pembacaan sensor, proteksi, MQTT, Telegram, dan pencatatan data berjalan secara bersamaan pada kondisi pengujian.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Tanggal	Jam	Tegangan	Arus	Daya	Energi	Biaya	PF	Frekuensi	Status
2	04-07-2026	11-11-07	237.6	0	0	0.482	696	0	49.9	NORMAL
3	04-07-2026	11-13-07	237.6	0	0	0.482	696	0	49.9	NORMAL
4	04-07-2026	11-15-07	237.6	0	0	0.482	696	0	49.9	NORMAL
5	04-07-2026	11-17-07	237.6	0	0	0.482	696	0	50	NORMAL
6	04-07-2026	11-19-07	237.5	0	0	0.482	696	0	50	NORMAL
7	04-07-2026	11-21-07	237.6	0	0	0.482	696	0	49.9	NORMAL
8	04-07-2026	11-23-07	237.5	0	0	0.482	696	0	50	NORMAL
9	04-07-2026	11-25-07	237.9	0	0	0.482	696	0	50	NORMAL
10	04-07-2026	11-27-07	237.8	0	0	0.482	696	0	49.9	NORMAL
11	04-07-2026	11-29-07	238.1	0	0	0.482	696	0	50	NORMAL
12	04-07-2026	11-31-07	238.2	0	0	0.482	696	0	50	NORMAL
13	04-07-2026	11-33-07	238	0	0	0.482	696	0	49.9	NORMAL
14	04-07-2026	11-35-07	239.4	0	0	0.482	696	0	50	NORMAL
15	04-07-2026	11-37-07	239.9	0	0	0.482	696	0	50	NORMAL

(a)

MonPermStop

File Edit Tampilan Sisipkan Format Data Alat Gemini Ekstensi Bantuan

100% Default...

M1710

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1430	06-07-2026	10-56-05	233.7	0.18	47.9	0.947	1368	1	50	NORMAL
1431	06-07-2026	10-58-05	234.9	0	0	0.951	1374	0	49.9	NORMAL
1432	06-07-2026	11-00-05	230.4	1.68	386.9	0.955	1380	1	49.8	NORMAL
1433	06-07-2026	11-02-08	232.8	0	0	0.961	1389	0	49.9	NORMAL
1434	06-07-2026	11-04-08	234.6	0	0	0.965	1394	0	50	NORMAL
1435	06-07-2026	11-06-08	230.4	1.68	386.3	0.969	1400	1	50	NORMAL
1436	06-07-2026	11-08-08	232.2	0	0	0.975	1408	0	49.9	NORMAL
1437	06-07-2026	11-10-08	234.4	0	0	0.978	1413	0	49.9	NORMAL
1438	06-07-2026	11-12-08	229.1	1.67	382.4	0.983	1420	1	49.9	NORMAL
1439	06-07-2026	11-14-08	232.6	0	0	0.989	1429	0	50	NORMAL
1440	06-07-2026	11-16-08	234.4	0	0	0.992	1433	0	50	NORMAL
1441	06-07-2026	11-18-08	229.6	1.67	383.6	0.996	1439	1	50	NORMAL
1442	06-07-2026	11-20-08	234.6	0	0	1.002	1448	0	50	NORMAL
1443	06-07-2026	11-22-08	234.3	0	0	1.006	1454	0	49.8	NORMAL
1444	06-07-2026	11-24-08	229.6	1.67	383.1	1.01	1459	1	50	NORMAL

Logger - Logger2

(b)

Gambar 8. Pencatatan Data Selama pengujian Keandalan: (a) Awal dan (b) Akhir Pengujian

3.5. Monitoring dan Kontrol Berdasarkan Jarak

Tabel 4. Rata-Rata Waktu Respons Monitoring dan Kontrol Pada Setiap Jarak

Jarak	Telegram status	Telegram ON	Telegram OFF	Node-RED ON	Node-RED OFF	Keberhasilan
10 m	8,50 Detik	10,00 Detik	8,50 Detik	6,00 Detik	6,00 Detik	100%
100 m	9,00 Detik	9,50 Detik	7,00 Detik	4,50 Detik	4,00 Detik	100%
500 m	10,00 Detik	10,00 Detik	8,00 Detik	4,00 Detik	4,00 Detik	100%
1 km	7,00 Detik	7,50 Detik	6,50 Detik	6,00 Detik	4,50 Detik	100%
2,5 km	8,50 Detik	7,00 Detik	5,00 Detik	4,00 Detik	4,00 sDetik	100%
Rata-rata	8,60 Detik	8,80 Detik	7,00 Detik	4,90 Detik	4,50 Detik	100%

Seluruh fungsi berhasil dijalankan pada jarak 10 m hingga 2,5 km. Waktu respons tidak meningkat secara berurutan ketika jarak bertambah; beberapa percobaan pada lokasi yang lebih jauh justru lebih cepat. Hal tersebut terjadi karena komunikasi menggunakan internet, bukan hubungan radio langsung antara pengguna dan alat. Variasi waktu dipengaruhi oleh kualitas jaringan pada kedua lokasi, layanan Telegram, broker MQTT, dan interval pemeriksaan pesan. Dengan demikian, jarak 2,5 km merupakan jarak terjauh yang diuji dan bukan batas maksimum jangkauan sistem selama koneksi internet tersedia.

3.6. Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu

Tabel 5. Perbandingan Fitur Dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian	Fitur utama	Perbedaan
Hidayat et al. [8]	PZEM-004T, Node-RED, Pemutusan Arus	Belum Mengintegrasikan Telegram, <i>Early warning</i> , dan Pencatatan biaya
Diki et al. [11]	Monitoring Distribusi Listrik Rumah Kos Berbasis IoT	Berfokus Pada Distribusi; Belum Menerapkan <i>Reclose</i> dan <i>Locked</i> pada Stop Kontak Lokal
Haryudo et al. [18]	Monitoring Tarif dan Kontrol Daya Rumah Kos	Belum Mengevaluasi Waktu Respons Internal Serta Pengujian Kontrol Berdasarkan Jarak
Penelitian ini	Node-RED, Telegram, <i>Early Warning</i> , <i>Definite Time</i> , <i>Reclose</i> , <i>Locked</i> , <i>Data Logger</i>	Akurasi, Waktu respons, Keandalan >48 jam, dan Kontrol Hingga 2,5 km Dievaluasi

Dibandingkan penelitian terdahulu, sistem yang dikembangkan tidak hanya memantau dan mengendalikan beban, tetapi juga menggabungkan informasi peringatan sebelum pemutusan, mekanisme proteksi bertahap, autentikasi pengaturan, pencatatan energi dan biaya, serta evaluasi respons dari sisi pengendali dan pengguna. Integrasi tersebut memberikan informasi yang lebih lengkap mengenai kondisi stop kontak dan mengurangi kemungkinan penyambungan berulang tanpa batas ketika penyebab arus lebih belum diatasi.

Meskipun seluruh fungsi berhasil pada kondisi pengujian, prototipe masih bergantung pada koneksi internet untuk pemantauan jarak jauh dan menggunakan satu titik stop kontak. Hasil akurasi serta waktu respons juga berlaku pada konfigurasi sensor, beban, dan jaringan yang diuji. Oleh sebab itu, penerapan pada skala lebih besar memerlukan evaluasi tambahan terhadap keamanan komunikasi, koordinasi dengan perangkat proteksi instalasi, dan pengujian pada variasi beban yang lebih luas.

4. KESIMPULAN

Sistem monitoring dan pembatas stop kontak berbasis Node-RED dan Telegram berhasil direalisasikan dengan fungsi pemantauan parameter kelistrikan, peringatan dini, pemutusan otomatis, penyambungan kembali terbatas, kondisi *Locked*, pencatatan energi, serta kontrol jarak jauh. PZEM-004T menghasilkan rata-rata kesalahan tegangan 0,07% dan arus 3,43%; pada arus 1,68–3,67 A, kesalahan berada pada 0,00–1,19%. Interupsi pewartu menjalankan waktu tunda internal secara konsisten sebesar 2,00 detik, sedangkan waktu respons keseluruhan rata-rata 4,26 detik. Sistem beroperasi lebih dari 48 jam dan seluruh pengujian Telegram serta Node-RED hingga 2,5 km berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%. Pengembangan selanjutnya dapat menerapkan FreeRTOS pada dua inti ESP32, penyimpanan lokal cadangan, autentikasi komunikasi yang lebih kuat, dan evaluasi pada jaringan serta beban yang lebih beragam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, serta seluruh pihak yang telah mendukung proses perancangan, pengujian, dan penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] D. Herdika and E. Fitriani, "Prototype of electric power monitoring system and load control in residential houses using IoT-based ESP8266," *Jurnal Ampere*, vol. 7, no. 2, pp. 84–93, 2022.
- [2] A. Wisaksono, Y. Purwanti, N. Ariyanti, and M. Masruchin, "Design of monitoring and control of energy use in multi-storey buildings based on IoT," *JEEE-U*, vol. 4, no. 2, pp. 128–135, 2020.
- [3] F. Magfirah and D. Widhiantoro, "Sistem monitoring biaya konsumsi listrik rumah tangga berbasis IoT," *Spektral*, vol. 5, no. 1, pp. 232–238, 2024, doi: 10.32722/spektral.v5i1.6778.
- [4] M. I. Mulky, Mutmainnah, and A. I. Asry, "Design and development of a remote electric load control system based on the Internet of Things for energy savings," *JEAT*, vol. 4, no. 1, pp. 116–123, 2025.
- [5] A. G. Hutajulu, M. C. Malino, and J. M. Tambunan, "Implementasi pengujian karakteristik miniature circuit breaker berdasarkan SNI 60898-1:2009," in *Pros. Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 2024.
- [6] D. Atmodjo, R. Harianja, J. D. Firizqi, and R. D. Kurniawan, "Governance of IoT devices using Node-RED orchestrator and web-based dashboard," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 4, no. 5, pp. 1179–1190, 2023.
- [7] A. H. Musyafa and Yulianti, "Perancangan smart home dengan konsep Internet of Things menggunakan NodeMCU ESP8266 melalui Bot Telegram," *LOGIC*, vol. 1, no. 6, pp. 1470–1477, 2023.
- [8] H. N. S. Hidayat, A. C. Hermawan, A. L. Wardani, and M. Widyartono, "Implementasi kendali dan monitoring sistem proteksi arus listrik pada extension kabel berbasis Node-RED," *Jurnal Venus*, vol. 3, no. 1, pp. 10–19, 2024.
- [9] B. D. Rosalin and W. Aribowo, "Monitoring arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga ombak berbasis Node-RED dan ESP8266," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 12, no. 2, pp. 84–91, 2023.
- [10] I. Islamy and L. M. Wisudawati, "Sistem monitoring smart garden tanaman cabai berbasis IoT menggunakan protokol MQTT, Node-RED, dan Bot Telegram," *Jurnal Teknotan*, vol. 17, no. 3, p. 197, 2023.
- [11] M. Diki, C. F. Hadi, and R. M. Yasi, "Sistem kontrol dan monitoring distribusi listrik rumah kos berbasis IoT," *Journal Zetroem*, vol. 6, no. 2, 2024, doi: 10.36526/ztr.v6i2.4303.
- [12] L. Aditya, H. Prayitno, and N. Naibaho, "Disain monitoring dan pengendali beban pada panel listrik berbasis IoT menggunakan web server," *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 52–58, 2025.
- [13] A. Shodiq, S. Baqaruzi, and A. Muhtar, "Perancangan sistem monitoring dan kontrol daya berbasis Internet of Things," *ELECTRON*, vol. 2, no. 1, pp. 18–26, 2021.
- [14] D. B. Pratama, D. B. Santoso, and R. Rahmadewi, "Analisis quality of service dan implementasi sistem monitoring menggunakan IoT pada pembangkit listrik tenaga angin," *Power Elektronik*, vol. 12, no. 1, pp. 17–28, 2023.
- [15] M. F. Mulyawan, M. A. M. Batubara, and R. A. Pradipta, "Sistem informasi berbasis web untuk memonitoring perangkat Internet of Things menggunakan Node-RED," *Electrician*, vol. 17, no. 1, pp. 31–36, 2023.
- [16] H. A. Al Banna, V. M. Gafar, M. D. Mawardin, and R. Hendrowati, "Perancangan aplikasi pemantauan energi listrik berbasis IoT dengan protokol MQTT," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, vol. 6, no. 2, pp. 203–213, 2023.
- [17] R. A. Susilo et al., "Design and construction of inverse time and definite time overcurrent relay based on Arduino Uno," *Emitor*, vol. 26, no. 1, pp. 23–30, 2026, doi: 10.23917/emitor.v26i1.13678.
- [18] S. I. Haryudo, R. D. Alfian, and N. Kholis, "Rancang bangun alat monitoring pemakaian tarif listrik dan kontrol daya listrik pada rumah kos berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 661–670, 2021, doi: 10.26740/jte.v10n3.p661-670.