

Perancangan Sistem Recloser Untuk Memantau Konsumsi Daya Listrik Rumah Tangga Menggunakan Modifikasi Arduino Mega

Bhakti Ath-Thaariq ^{**1}, Budi Liswanto ², Moh. Diki ³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi, 68416, Indonesia

¹ ariqsteel@gmail.com, ² budiliswanto95@gmail.com, ³ dikiky683@gmail.com

^{**}Corresponding Author: ariqsteel@gmail.com



Cite: <https://doi.org/10.63440/jef.v2i2.120>



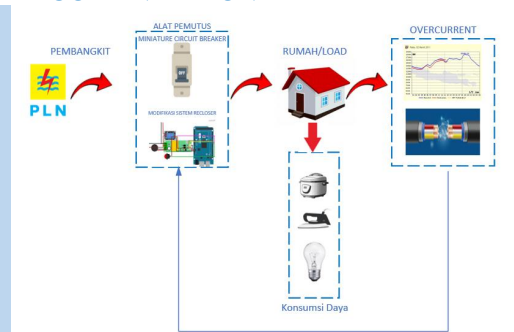
Read Online

ACCESS

Abstract: This paper discusses the design of a recloser system to monitor electricity consumption using a modified Arduino Mega. Excessive use of electrical devices, cables that are too small to handle the current load, or disturbances in the electrical system. As a result, cables or electrical devices can overheat and cause fires or even damage to electrical equipment. To address these problems, the reliability and safety of household electrical installations use a protection system.

Protection equipment on a household scale is called (MCB) Miniature Circuit Breaker. The design uses a PZEM-004T sensor, Arduino Mega 2560, relay, and Recloser prototype. The system is designed to detect overload disturbances above the 2 Ampere MCB limit or short circuits in real time and displays power 12.38, 384.8, 376.4 watts, voltage 230.7, 228.2, 228.1V, and current 0,06, 1,29, 1,26A monitoring in the recloser modification system on household-scale electricity consumption. The recloser modification system will work or try to turn ON again when the problem is detected for 3 attempts to enter and will return to normal automatically when the recloser modification system detects that the overload has been resolved by reducing the load or when a short circuit occurs when the Recloser tries to re-enter between 1 and 3 attempts, if it exceeds 3 attempts then the system is permanently OFF and must be reset manually.

RECOMENDATION



Keyword: Design, Recloser, MCB, Arduino Mega, PZEM-004T Sensor

Article Info

Recieved
October 05, 2025

Revised
October 20, 2025

Accepted
October 31, 2025

Published
Nov 04, 2025



1. PENDAHULUAN

Pengoptimalan daya listrik ke konsumen memerlukan sistem proteksi untuk melindungi gangguan daya listrik [1]. Sistem proteksi digunakan untuk melindungi alat dari gangguan permanen dan tidak permanen [2]. Gangguan listrik permanen dapat menyebabkan kerusakan peralatan [3].

Sehingga gangguan hilang setelah kerusakan diperbaiki atau karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen, sedangkan gangguan tidak permanen merupakan gangguan yang terjadi dalam waktu singkat di mana kemudian sistem kembali dalam keadaan normal [4]. Gangguan permanen pada instalasi listrik rumah tangga seperti beban lebih, kebocoran arus, kabel rusak yang harus diperbaiki secara manual agar sistem bisa kembali normal. Sedangkan gangguan tidak permanen seperti sambaran petir, maka sistem akan kembali normal kembali secara otomatis tanpa perbaikan manual [5].

Oleh karena itu, perlu adanya suatu sistem yang dapat memproteksi penggunaan daya listrik, sehingga penggunaan daya listrik dikontrol dengan baik [6]. Instalasi listrik rumah tangga adalah sistem yang terdiri dari komponen-komponen listrik yang menyediakan sumber energi listrik ke berbagai perangkat dan perlengkapan di dalam rumah. Ini mencakup instalasi kabel, saklar, stop kontak, lampu dan lainnya untuk pengaman sirkuit dan pemutus sirkuit [7]. Instalasi listrik rumah tangga bertujuan untuk memberikan sumber daya listrik yang aman, handal, dan efisien untuk memenuhi kebutuhan penghuni rumah sehari-hari [8].

Beban berlebih dapat menyebabkan *overcurrent*. *Overcurrent* terjadi ketika arus listrik melebihi batas yang ditentukan untuk kabel atau perangkat listrik tertentu dalam sistem distribusi listrik [9]. Penggunaan perangkat listrik yang berlebihan, kabel yang terlalu kecil untuk menangani beban arus, atau adanya gangguan dalam sistem listrik. Akibatnya, kabel atau perangkat listrik bisa panas berlebihan dan menyebabkan kebakaran atau bahkan kerusakan pada peralatan listrik [10].

Adapun gangguan yang mengakibatkan *overcurrent* yaitu hubung singkat, hubung singkat terjadi ketika dua kawat listrik dengan potensial yang berbeda (biasanya fase dan netral) terhubung secara langsung tanpa hambatan yang disebabkan karena peralatan listrik rusak [11]. Hubung singkat menyebabkan arus listrik melebihi kapasitas arus 6A dengan daya 450-1300 watt, hal ini dapat menyebabkan panas berlebih bahkan menyebabkan kebakaran secara langsung [12]. Dua masalah ini memerlukan penanganan yang cepat dan tepat agar menghindari kerugian daya listrik yang lebih besar.

Beberapa penelitian tentang sistem proteksi arus lebih yaitu sistem proteksi *overcurrent relay motor forced draft fan*. Hasil proteksi arus lebih menggunakan *relay* sebesar 4 A [13]. Sistem proteksi *overcurrent* trafo menggunakan dua sistem *over current relay* (OCR) dan *ground fault relay* (GFR) masing-masing menurunkan arus sebesar 277,2 A, 2078,4 A serta 35,22 A 96,07 A [14].

OCR dan GFR digunakan untuk proteksi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Hasil proteksi menggunakan sistem pengaturan waktu dalam menjaga proteksi 0,45 s, relay sisi primer transformator 6,3 kV 0,25 s dan *relay* yang terhubung antara unit I dan unit II 0,84 s [15]. OCR juga diterapkan dalam menjaga trafo di PLN. Nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa terbesar pada penyulang bisa mencapai 603, 2A [16], dan sistem OCR diimplementasikan pada jaringan distribusi di PT. PLN. Hasil arus gangguan hubung singkat terbesar pada bus 2 sebesar 6.130 A dan arus gangguan terkecil pada bus 46 sebesar 1.565 A [17]. Alat deteksi *overcurrent* dan *overvoltage* pada tegangan tiga fasa menggunakan Arduino. Hasil pengujian alat dengan Arduino mampu memproteksi arus 6A dan tegangan 350V [18].

Dari penelitian yang sudah dilakukan tampak bahwa sistem proteksi *overcurrent* dengan OCR dan GFR telah diterapkan pada sistem PLTU dengan pengaturan waktu proteksi, motor forced draft fan hanya mampu proteksi arus yang rendah, trafo PLN membutuhkan waktu 0.45 detik dalam menjaga arus lebih. Sedangkan sistem proteksi pada distribusi jaringan PLN

menghasilkan arus yang besar dan mikrokontroler Arduino untuk proteksi arus dan tegangan yang lebih memproteksi masing-masing yang besar.

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan *overcurrent* dengan variasi beban dan sistem proteksi yang diterapkan pada skala rumah tangga dengan modifikasi recloser berbasis Arduino Mega belum dilaporkan. Keandala dan keamanan instalasi listrik rumah tangga menggunakan sistem proteksi dirancang dengan modifikasi *Miniature Circuit Breaker* (MCB) dan recloser [19]. Peningkatan sistem dengan modifikasi alat proteksi otomatis dalam instalasi listrik rumah tangga digunakan untuk menjaga kerusakan pada perangkat elektronik. Perancangan *prototype recloser* bertujuan untuk memutuskan aliran listrik secara otomatis jika terjadi gangguan dan merusak peralatan elektronik. Modifikasi teknologi dengan *microcontroller* untuk mengendalikan variasi beban yang dapat menyesuaikan dengan lamanya gangguan.

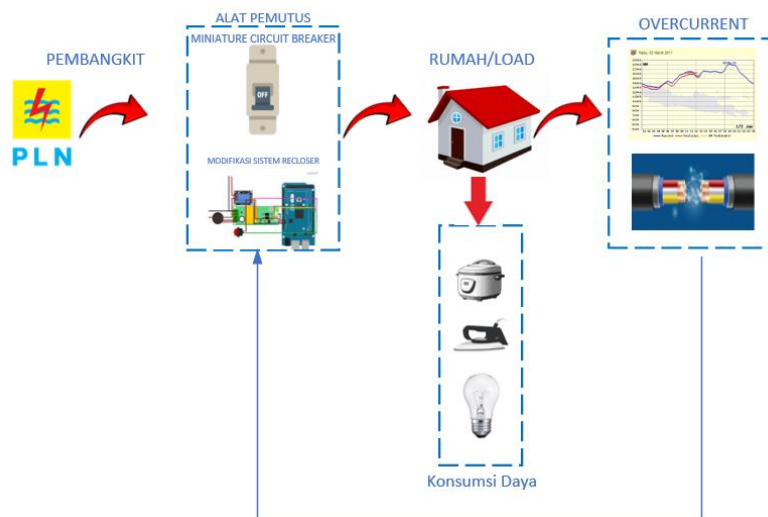
2. METODE

Perancangan prototipe sistem proteksi dengan modifikasi Arduino Mega 2560 untuk mengembangkan fungsi MCB sebagai recloser. Arduino Mega 2560 dintegrasikan dengan sensor arus PZEM-004T dalam mengukur arus listrik dari variasi beban [20]. Variasi beban yang digunakan seperti magic com, setrika dan lampu 5 watt. Penggunaan Arduino Mega dipilih karena memiliki kemampuan untuk mengendalikan beberapa perangkat secara bersamaan dan menyediakan fleksibilitas yang besar dalam pengembangan proyek elektronik sehingga papan pengembangan mikrokontroler ini bisa meningkatkan kehandalan sistem proteksi.

Variasi beban diuji pada MCB di instalasi listrik rumah tangga untuk mencegah gangguan beban lebih (*overcurrent*). Sistem *recloser* dimodifikasi dengan tujuan membandingkan sistem proteksi beban pada instalasi rumah tangga secara manual. Sedangkan modifikasi recloser digunakan untuk menyalakan listrik pad saat gangguan terjadi. Sistem proteksi ini dirancang otomatis pada saat gangguan sudah tidak terdeteksi sehingga sistem modifikasi recloser menghidupkan kembali secara otomatis.

Sistem deteksi gangguan arus dan tegangan pada instalasi listrik menggunakan sensor PZEM-004T. Sensor digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi listrik pada suatu sirkuit atau perangkat listrik. Sensor ini biasanya digunakan bersama dengan modul PZEM-004T untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi listrik secara akurat. Sensor PZEM-004T memiliki kapasitas pengukuran yang bervariasi tergantung pada modelnya. Beberapa sensor dapat mengukur arus hingga beberapa puluhan *ampere*, sementara yang lain dapat mencapai ratusan ampere.

Sensor tersebut menghasilkan sinyal tegangan analog yang berkorelasi dengan arus yang diukur [21]. Sinyal ini kemudian dapat diproses oleh mikrokontroler atau perangkat lain untuk mendapatkan nilai arus yang sesungguhnya. Selain itu, Sensor tersebut biasanya digunakan bersama dengan modul PZEM-004T lainnya seperti modul PZEM-004T yang dapat mengukur tegangan, arus, daya, dan energi listrik. Sehingga sering digunakan dalam aplikasi rumah tangga, industri, dan proyek elektronik lainnya.



Gambar 1. Desain Penelitian

3. HASIL

Data hasil pengujian dari pembacaan sensor pada sistem modifikasi *recloser* dengan menggunakan beban lampu pijar, setrika, dan *magic com* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Daya, Tegangan, Dan Arus

Variasi Beban	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)
Lampu	12,38	230,7	0,06
Setrika	384,8	228,2	1,29
Magic Com	376,4	228,1	1,26

Berdasarkan hasil data pengukuran menggunakan alat ukur avometer digital dan sistem modifikasi *recloser*. Pengambilan data avometer digital dilakukan sekali pada saat lampu, setrika, dan *magic com* masing-masing di hidupkan pada stopkontak, sedangkan pengambilan data pada sistem modifikasi *recloser* akan muncul pada layar LCD yang terhubung pada sistem tersebut.

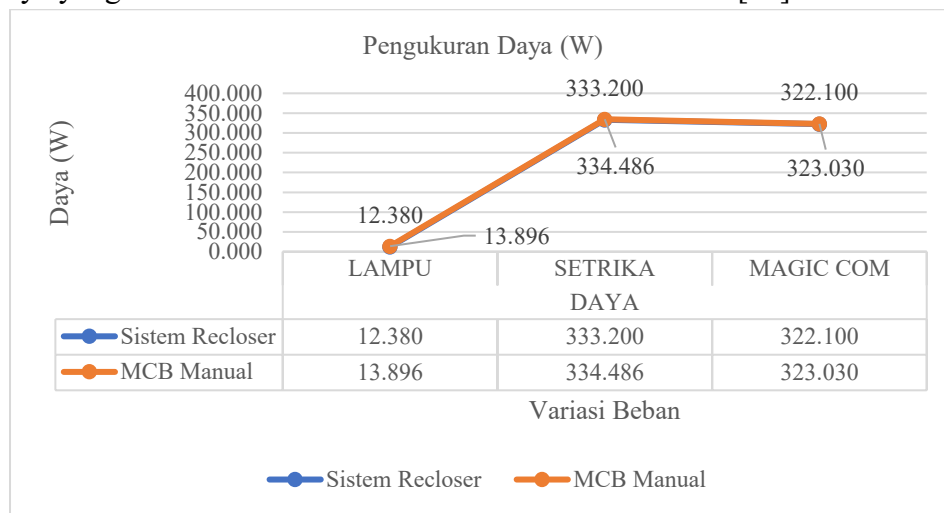
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa hasil pengukuran tidak terlalu signifikan perbedaannya. Daya, tegangan, dan arus pada hasil pembacaan sistem modifikasi *recloser* relatif lebih rendah nilainya dibandingkan dengan pembacaan menggunakan alat ukur avometer, salah satu contohnya hasil pengukuran daya variasi beban lampu menunjukkan nilai 13,896 W pada pengukuran avometer selisih 1,516 W dengan pengukuran menggunakan sistem modifikasi *recloser*.

Tabel 2. Perbandingan Pengukuran Recloser dan MCB

Pengukuran Beban	Daya (W)			Tegangan (V)			Arus (A)		
	Lampu	Setrika	Magicom	Lampu	Setrika	Magicom	Lampu	Setrika	Magicom
Recloser	12.380	333.200	322.100	230.7	228.2	228.1	0.06	1.29	1.26
MCB	13.896	334.486	323.030	231.6	229.1	229.1	0.06	1.46	1.41

Gambar 2 adalah hasil grafik pengukuran daya menggunakan modifikasi sistem *recloser* dan MCB Manual. Pada grafik diatas menunjukkan nilai pengukuran daya pada kedua sistem tersebut tidak jauh signifikan perbedaannya. Pada variasi beban lampu mempunyai selisih daya sebesar 1,516 W, sedangkan setrika mempunyai selisih daya sebesar 1,286 W dan *magic com* sebesar 0,930 W. Hasil pengukuran daya menunjukkan bahwa alat modifikasi *recloser*

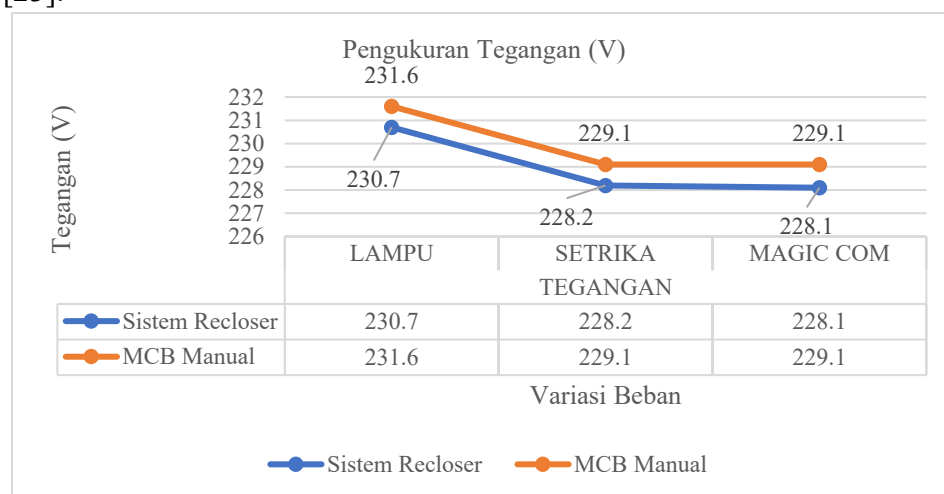
ini memiliki hasil pengukuran daya yang berbeda pada variasi beban. Hal ini disebabkan oleh arus yang mengalir juga akan bervariasi, sehingga hasil pengukuran daya menjadi berbeda. Hasil pengukuran daya bervariasi karena beban yang berbeda memiliki kebutuhan arus dan karakteristik (seperti faktor daya) yang berbeda pula, yang secara langsung memengaruhi jumlah daya yang dikonsumsi atau dihasilkan dalam suatu sistem [22].



Gambar 2. Pengukuran Daya MCB dan *Recloser*

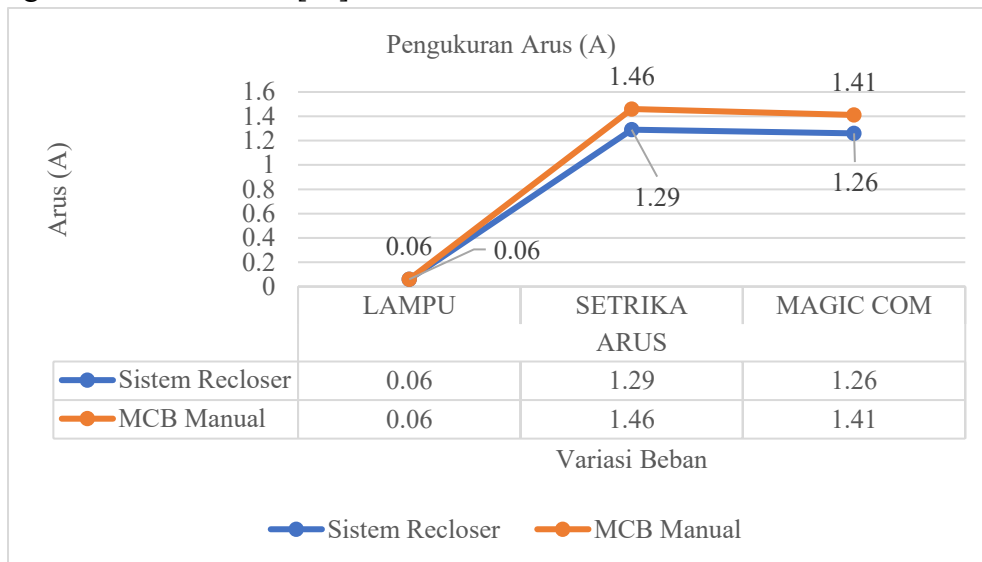
Gambar 3 menjelaskan pengukuran tegangan menggunakan modifikasi sistem recloser dan MCB Manual. Hasil pengukuran variasi beban yang menggunakan sistem modifikasi *recloser* relatif lebih rendah nilainya dibandingkan hasil pengukuran pada MCB Manual. Pada tabel 2 pengukuran menggunakan sistem modifikasi *recloser* variasi beban lampu dan setrika terdapat selisih tegangan 0,9 V dari hasil pengukuran MCB Manual, sedangkan hasil pengukuran variasi beban *magic com* terdapat selisih tegangan sebesar 1 V. Maka setelah memperhatikan hasil grafik pengukuran tegangan tersebut menandakan bahwa alat modifikasi *recloser* ini memiliki hasil pengukuran yang berbeda dalam membaca tegangan pada variasi beban.

Pada beban resistif murni seperti lampu pijar atau pemanas, faktor dayanya mendekati 1. Sehingga daya aktif hampir sama dengan daya semu. Pada beban induktif (seperti motor listrik) atau kapasitif, faktor daya kurang dari 1 (lagging atau leading), yang berarti ada daya reaktif (VAR) yang tidak melakukan kerja nyata, sehingga pengukuran daya aktif akan berbeda [23].



Gambar 3. Pengukuran Tegangan MCB dan *Recloser*

Gambar 4 menjelaskan pengukuran arus menggunakan modifikasi sistem *recloser* dan MCB Manual. Pada grafik diatas menunjukkan hasil pengukuran variasi beban yang menggunakan sistem modifikasi *recloser* relatif lebih rendah nilainya dibandingkan hasil pengukuran MCB manual. Penentuan lokasi terbaik untuk pemasangan *recloser* ditentukan oleh nilai terendah dari SAIDI dan SAIFI. Dengan melakukan perhitungan SAIDI dan SAIFI pada setiap komponen proteksi. Semakin kecil nilai SAIDI dan SAIFI, semakin optimal lokasi pemasangan recloser tersebut [24].



Gambar 4. Pengukuran Arus MCB dan Recloser

4. PEMBAHASAN

Perbedaan atau selisih hasil pengukuran daya disebabkan karena faktor jenis variasi beban. Pengukuran menggunakan MCB manual atau alat ukur avometer memiliki sensitivitas lebih rendah pada pengukuran arus kecil, sehingga hasilnya kurang presisi pada daya yang lebih rendah. Sedangkan pengukuran sistem modifikasi recloser menggunakan sensor PZEM 004T memiliki sensitivitas lebih tinggi untuk pengukuran daya listrik dan hasilnya lebih presisi pada beban rendah. Selain itu, penyebab hasil pengukuran MCB manual menggunakan avometer dilakukan menggunakan kabel probe. Hasil pengukuran bisa dipengaruhi oleh resistansi kabel, koneksi yang longgar, atau posisi probe yang tidak konsisten. Sedangkan modifikasi recloser yang menggunakan sensor PZEM-004T karena dirancang untuk pengukuran daya jangka panjang sehingga lebih konsisten [25].

MCB tidak digunakan untuk mengukur daya, melainkan sebagai perangkat proteksi dan pembatas daya pada instalasi listrik tegangan rendah. Pengukuran daya, arus dan tegangan menggunakan MCB terbatas pada kondisi trip atau tidak yang menandakan adanya gangguan arus berlebih. Selain itu, arus bocor dan arus beban yang mengalir melalui MCB dan MCB bisa digunakan sebagai proteksi arus bocor ketika arus melebihi rating nominalnya [26]. Recloser adalah perangkat yang jauh lebih canggih yang digunakan pada jaringan distribusi tegangan menengah. Perangkat ini tidak hanya melindungi, tetapi juga berfungsi sebagai alat ukur dan perekam data yang akurat. Data yang dihasilkan recloser sangat berharga untuk analisis keandalan dan efisiensi jaringan listrik secara keseluruhan.

Perbedaan atau selisih hasil pengukuran tegangan diatas disebabkan karena tingkat akurasi sensor PZEM-004T sebesar 99.9% pada sistem modifikasi *recloser* dirancang khusus untuk pengukuran dengan akurasi tinggi pada parameter tegangan, arus, dan daya [27] [28].

Hasil selisih pengukuran tegangan 3 variasi beban lampu, setrika, *magic com* menggunakan sensor PZEM 004T dan avometer digital memiliki perbedaan nilai tegangan *output*. Hal ini disebabkan variasi beban setrika dan *magic com* memiliki daya yang bervariasi. Sehingga hasil pengukuran mempengaruhi pada tegangan *output* (referensi). Pengukuran menggunakan avometer disebabkan oleh ketidakstabilan tegangan pada saat pengukuran dikarenakan uji coba dilakukan di rumah sehingga terjadi perubahan beban variatif yang mempengaruhi hasil pembacaan sensor terhadap tegangan [29].

Perbedaan nilai tegangan *output* yang diukur oleh avometer digital dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yang mencakup karakteristik internal avometer itu sendiri, kondisi pengujian, dan cara pengukurannya. Analisis perbandingan ini memerlukan pemahaman tentang prinsip kerja alat, keakuratan, dan ketidakpastian yang melekat pada setiap pengukuran. Avometer digital memiliki hambatan dalam yang sangat tinggi. Namun, nilai hambatan ini tidak seragam di antara semua avometer dan dapat bervariasi tergantung rentang pengukuran yang dipilih. Perbedaan hambatan dalam dapat memengaruhi hasil pengukuran, terutama saat mengukur rangkaian dengan impedansi tinggi, karena akan terjadi sedikit penurunan tegangan (*voltage drop*) pada avometer itu sendiri.

Pada tabel pengukuran variasi beban lampu menghasilkan nilai yang sama pada kedua sistem tersebut, sedangkan pengukuran variasi beban setrika terdapat selisih arus sebesar 0,17 A dan *magic com* terdapat selisih arus sebesar 0,15 A. Maka setelah memperhatikan hasil grafik pengukuran arus tersebut menandakan bahwa sistem modifikasi recloser ini memiliki kemampuan yang berbeda dalam membaca hasil pengukuran arus pada variasi beban. Perbedaan atau selisih hasil pengukuran arus diatas disebabkan karena PZEM-004T mengukur daya listrik melalui current transformer (CT), yang bisa mengalami rugi-rugi daya kecil akibat induksi dan ketidakakuratan faktor daya. Jika pemasangan tidak sempurna atau ada kerugian daya pada koneksi kabel, pembacaan bisa lebih rendah [30].

Prinsip dasar PZEM-004T adalah mengukur tegangan dan arus listrik secara terpisah, lalu mengolah kedua data tersebut untuk menghitung parameter listrik lainnya, termasuk daya. PZEM-004T mengukur tegangan listrik AC secara langsung melalui dua terminal input utamanya, yang biasanya bekerja pada rentang 80 hingga 260 V AC. CT bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Saat arus AC mengalir melalui kabel (sebagai kumparan primer), arus ini akan menghasilkan medan magnet yang menginduksi arus pada kumparan sekunder CT. Arus yang terdeteksi pada kumparan sekunder ini memiliki nilai yang jauh lebih kecil dan aman untuk dibaca oleh sirkuit elektronik PZEM-004T. kemudian menggunakan faktor rasio dari CT untuk menghitung kembali nilai arus aktual yang mengalir pada beban listrik. Meskipun menawarkan akurasi yang memadai untuk sebagian besar aplikasi, keterbatasan akurasinya, terutama untuk penggunaan yang membutuhkan presisi sangat tinggi, atau mengintegrasikan kalibrasi tambahan.

Peningkatan sistem dengan modifikasi alat proteksi otomatis dalam instalasi listrik rumah tangga digunakan untuk menjaga kerusakan pada perangkat elektronik. Perancangan prototype recloser bertujuan untuk memutuskan aliran listrik secara otomatis jika terjadi gangguan dan merusak peralatan elektronik.

5. KESIMPULAN

Desain sistem recloser berbasis Arduino Mega 2560 dan sensor PZEM-004T untuk skala instalasi rumah tangga memungkinkan terciptanya sistem proteksi listrik otomatis yang mampu mendeteksi gangguan seperti lonjakan arus atau tegangan berlebih, serta melakukan

pemutusan dan penyambungan kembali (reclosing) secara otomatis. Arduino Mega 2560 dipilih karena memiliki kapasitas yang cukup dan kemampuan pemrosesan yang baik, sementara sensor PZEM-004T berfungsi untuk memantau parameter kelistrikan (tegangan, arus, daya, energi) secara real-time. Sistem ini meningkatkan keamanan dan keandalan instalasi listrik rumah tangga, sekaligus memungkinkan monitoring dan kontrol berbasis mikrokontroler secara efisien dan terjangkau.

Kecepatan respon sensor PZEM-004T, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja sistem recloser berbasis Arduino Mega 2560. Semakin cepat sensor merespon perubahan nilai arus atau tegangan, semakin cepat pula sistem dapat mendeteksi adanya gangguan dan mengeksekusi pemutusan (trip) maupun penyambungan ulang (reclosing). Saat pengujian hubung singkat, sensor mendeteksi secara cepat atau detik ke 1 tanpa ada delay pada alat modifikasi sistem recloser dan MCB manual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi yang telah memberikan fasilitas dalam menyelesaikan proyek skripsi. Proyek ini merupakan syarat untuk memenuhi penyelesaian program sarjana teknik elektro (S-1) di Universitas PGRI Banyuwangi.

REFERENSI

- [1] A. Kurniawan and A. Amirullah, "Implementasi Sistem Proteksi Arus Beban Lebih pada Rumah Tinggal Sederhana menggunakan Internet of Things (IoT) dengan Aplikasi Blynk," *J. SISKOM-KB (Sistem Komput. dan Kecerdasan Buatan)*, vol. 7, no. 2, pp. 130–140, 2024, doi: <https://doi.org/10.47970/siskom-kb.v7i1.579>
- [2] M. Nainggolan, "Sistem Proteksi Generator Turbin PLTA di PT Inalum," Universitas Medan Area, 2018. [Online]. Available: <https://circle-archive.com/index.php/carc/article/view/38>
- [3] M. A. Sugiana, F. Hunaini, and M. Mukhsim, "Software Untuk Penentuan Lokasi Gangguan Jaringan Distribusi Dengan Metode Takagi," *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 01, pp. 40–50, 2022, doi: <https://doi.org/10.31328/jasee.v1i01.5>
- [4] N. E. Pratama, "Analisa Gangguan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV Penyulang Raya 14 di PT. PLN (PERSERO) Area Pontianak," *Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: <https://doi.org/10.26418/j3eit.v7i1>
- [5] N. Pasra et al., "Analisa Penggunaan Metode Direct Grounding Pada Perhitungan Pentanahan Sistem Transmisi 150 KV ULTG Panakukang Analysis of The Use of The Direct Grounding Method in The Calculation of Grounding of the 150 KV ULTG Panakukang Transmission System," in *Seminar Nasional Teknik Elektro (SENTER)*, 2022, no. November 2022, pp. 168–175. [Online]. Available: <https://senter.ee.uinsgd.ac.id/repositori/index.php/prosiding/article/view/senter2022p18>
- [6] R. Harahap, Armansyah, Sudaryanto, and D. T. Pramuda, "Evaluasi Sistem Pembumian Pada Instalasi Listrik Rumah Sederhana Di Desa Percut Kabupaten Deli Serdang," in *Semnastek UISU*, 2023, pp. 1–7. [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/semnastek/article/view/7239>
- [7] E. Wahyuni, H. Mubarak, and A. N. A. Setyani, "Perancangan Teknologi Mesin Pompa Air Berbasis Panel Surya Untuk Kemandirian Listrik Skala Rumah Tangga," *J. Abdimas*

- Madani dan Lestari, vol. 05, no. September, pp. 80–94, 2023, doi: <https://doi.org/10.20885/jamali.vol5.iss2.art1>
- [8] Rimbawati, D. Afiza, Cholish, Suparmono, and B. S. Kusuma, “Analisis Instalasi Kelistrikan Pada Wisata Sawah Pematang Johar,” RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro, vol. 4, no. 2, pp. 143–151, 2022, doi: <https://doi.org/10.30596/rele.v4i2.9563>
- [9] P. Nadeak, T. P. Sitompul, and J. Napitupulu, “Studi Penggunaan Relay Pada Saluran Transmisi Gardu Induk Tele Samosir,” J. Teknol. Energi Uda J. Tek. Elektro, vol. 13, no. 1, p. 18, 2024, doi: <https://doi.org/10.46930/jteu.v13i1.4218>
- [10] H. BS, W. BM, and S. Prayogo, “Pengembangan Kontrol Peningkatan Daya Listrik Rumah Tangga Menggunakan On/Off Grid Tie Inverter,” J. Teknol. Elektro, vol. 8, no. 3, pp. 192–199, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.22441/jte.v8i3.2184>
- [11] T. Koerniawan et al., “Penyuluhan Pengetahuan Tentang Instalasi Listrik dan Mengoptimalkan Penggunaannya Serta Mengatasi Bahaya Listrik Bagi Masyarakat di Wilayah Duri Kosambi, Cengkareng Jakarta Barat,” Terang JurnalPengabdian Pada Masy. Menerangi Negeri, vol. 2, no. 2, pp. 100–108, 2020, doi: <https://doi.org/10.33322/terang.v2i2.381>
- [12] D. Firmansah, M. J. Afroni, and Sugiono, “Prototipe Sistem Monitoring Deteksi Lokasi Hubung Singkat Pada Peralatan Instalasi Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things (IoT),” Sci. Electro, vol. 16, no. 2, pp. 1–5, 2023, [Online]. Available: <https://jim.unisma.ac.id/index.php/jte/article/view/21528>
- [13] A. V. Yunitasari, A. V. Yunitasari, and S. Pramono, “Sistem Proteksi Over Current Relay Motor Forced Draft Fan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap,” J. Teknol. Universitas Muhammadiyah Jakarta, vol. 13, no. 1, pp. 55–62, 2021. doi: <https://doi.org/10.24853/jurtek.v13i1.6002>
- [14] A. Multi and T. Addaus, “Analisa Proteksi Over Current Relay (Ocr) Dan Ground Fault Relay (Gfr) Pada Transformator Daya Gardu Induk,” Sainstech J. Penelit. Dan Pengkaj. Sains Dan Teknol., vol. 32, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: <https://doi.org/10.37277/stech.v32i1.1215>
- [15] Firdaus, F. S, S. Kasim, and A. Imran, “The Protection Relay Coordination Studies (Over Current Relays and Ground Fault Relays) On the Power Plant Electrical System, PT. Rekind Daya Mamuju by Using the ETAP 12.6 Program,” JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng., vol. 7, no. 1, pp. 94–106, 2023, doi: <https://doi.org/10.21070/jeeeu.v7i1.1651>
- [16] Abdi Wijaya Kesuma, “Analisis Sistem Proteksi Over Current Relay Pada Trafo Tenaga di PT. Pln Nusantara Power Updk Belawan,” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2024. <http://repository.umsu.ac.id/xmlui/handle/123456789/26112>
- [17] Elvi Idriana, Raihan Putri, Selamat Meliala, and Dedi Fariadi, “Analisa Setting Koordinasi Proteksi Over Current Relay Pada Jaringan Distribusi Di Pt. Pln (Persero) ULP Pangkalan Brandan,” J. Energi Elektr., vol. 10, pp. 22–29, 2021, doi: <https://doi.org/10.29103/jee.v10i1.4960>
- [18] A. Gunawan and M. Sahar, “Rancang Bangun Sistem Proteksi Dan Monitoring Overcurrent Dan Over / Under Voltage Terhadap Motor 3 Fasa Berbasis Arduino,” J. Karya Ilm. Multidisiplin, vol. 4, no. 1, pp. 30–39, 2024, doi: <https://doi.org/10.31849/jurkim.v4i1.18408>

- [19] L. Latifah, I. Irman, and R. Ruskardi, "Penentuan Tipe Miniature Circuit Breaker 4A Untuk Instalasi Rumah Tinggal Melalui Pengujian Kinerjanya," *J. Elit*, vol. 2, no. 1, pp. 43–51, 2021, doi: <https://doi.org/10.31573/elit.v2i1.215>
- [20] Arduino, "Arduino Mega 2560," 2025. doi: 10.1016/S0140-6736(72)91649-2.
- [21] A. J. Watkins, "PZEM-004T V3.0 User Manual," 2020. doi: <https://doi.org/10.4324/9780080953953-15>
- [22] Lisiani, A. Razikin, and Syaifurrahman, "Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi)," *J. Untan*, vol. 1, no. 3, pp. 1–9, 2020, doi: <https://doi.org/10.26418/j3eit.v8i1.38675>
- [23] F. Toba, V. A. Suoth, H. S. Kolibu, H. I. R. Mosey, As'ari, and D. P. Pandara, "Analisis Perbandingan Daya Listrik Saat Sebelum Dan Sesudah Variasi Kapasitor Pada Beban Listrik Rumah Tangga," *J. MIPA*, vol. 13, no. 1, pp. 11–17, 2023, doi: <https://doi.org/10.35799/jm.v13i1.48968>
- [24] Arman and T. Rijanto, "Analisis Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik Jaringan Distribusi 20kV di PT.PLN (Persero) ULP AMUNTAI," *J. Tek. Elektro UNESA*, vol. 13, no. 2, pp. 130–134, 2024, doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v13n2.p130-134>
- [25] Ricky and J. Windarta, "Analisis Komparasi Perhitungan Teori dan Aktual Terhadap Daya Aktif dan Daya Reaktif Steam Turbine Generator 2.0 Pada PT Indonesia Power Semarang," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 1, pp. 8–19, 2020, doi: <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.8133>
- [26] S. Sunarto, Y. Santosa, and S. Supriyanto, "Analisis Perbandingan Sistem Proteksi Tegangan Sentuh Tidak Langsung Menggunakan ELCB dan MCB," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 7, no. 1, p. 83, 2022, doi: <https://doi.org/10.31544/jtera.v7.i1.2022.83-90>
- [27] C. Widiyari, "Sistem Monitoring Daya Listrik dan Pengontrolan Perangkat Elektronik Berbasis IoT," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. dan Ind.*, vol. 12, no. 1, pp. 342–349, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/SNTIKI/article/view/11165>
- [28] N. N. Muhamad Faisal Majid, Isdawimah, "Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Volume 10 Tahun 2024," 2024, vol. 10, pp. 88–92. [Online]. Available: <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/SNTE/article/view/2407>
- [29] W. N. Nababan, I. Bagus, K. Putra, and L. Jasa, "Rancang Bangun Prototype Micro Hydropower Berkendali Internet of Things pada Instalasi Pembuangan Air Limbah Suwung," *JURSISTEKNI (Jurnal Sist. Inf. dan Teknol. Informasi)*, vol. 6, no. 3, pp. 192–204, 2024, doi: <https://doi.org/10.52005/jursistekni.v6i3.370>
- [30] E. Kurniawan, D. S. Pangaudi, and E. N. Widjatkomo, "Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android," *Cyclotron*, vol. 5, no. 1, pp. 63–68, 2022, doi: <https://doi.org/10.30651/cl.v5i1.8772>