

# MONITORING REAL-TIME ARUS DAN FUSE PADA SISTEM 220 V

Agus Kiswanto<sup>1</sup>, W. Affan Febryasta<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya;  
Jl. Ahmad Yani No.114, Ketintang, Kec. Gayungan, Kota SBY, Jawa Timur 60231, Telp. 031-8285602,8291055

<p><b>Keywords:</b> NH Fuse, Internet of Things (IoT), Distribution Substation, Real-Time Monitoring, Protection System, Smart Grid</p> <p>Correspondent Email: kiswanto@ubhara.ac.id,</p>	<p><b>Abstrak.</b> Keandalan sistem distribusi listrik tegangan rendah sangat bergantung pada perangkat proteksi seperti NH Fuse yang berfungsi memutuskan aliran listrik saat terjadi gangguan arus lebih atau hubung singkat. Namun, pemantauan kondisi NH Fuse pada sistem konvensional masih dilakukan secara manual, yang menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi gangguan dan meningkatkan risiko kerusakan peralatan serta waktu padam yang lebih lama. Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem monitoring NH Fuse berbasis Internet of Things (IoT) yang terhubung melalui web untuk gardu distribusi. Sistem ini memanfaatkan sensor arus Hall Effect guna mengukur arus listrik pada masing-masing fasa R, S, dan T, yang kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan ditampilkan melalui layar LCD lokal serta platform daring. Hasil pengukuran menunjukkan arus sebesar 4,3 A pada fasa R, 3,7 A pada fasa S, dan 4,0 A pada fasa T, yang menandakan beban cukup seimbang pada setiap fasa dan mendukung distribusi daya yang stabil. Sistem ini juga dilengkapi fitur notifikasi real-time dan pemetaan lokasi gangguan untuk mempercepat waktu respons dan efisiensi perawatan. Penerapan teknologi IoT memungkinkan transmisi data secara terus-menerus, meningkatkan transparansi operasional, dan mempercepat pengambilan keputusan saat terjadi kondisi abnormal. Hasil implementasi menunjukkan sistem mampu mendeteksi gangguan dengan akurat dan mengirimkan notifikasi segera kepada tim pemantau, sehingga mengurangi ketergantungan pada inspeksi manual. Sistem ini berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi operasional dan keandalan infrastruktur distribusi listrik, sejalan dengan perkembangan sistem jaringan cerdas (smart grid) masa kini.</p> <p><b>Abstract.</b> The reliability of low-voltage power distribution systems greatly depends on protective devices such as the NH Fuse, which serves to disconnect circuits during overcurrent or short circuit events. In conventional systems, NH Fuse monitoring is still performed manually, causing delays in detecting faults and increasing the risk of extended outages and equipment damage. This study proposes the development of a web-based IoT monitoring system for NH Fuse performance in distribution substations. The system utilizes Hall Effect current sensors to measure current flow on the R, S, and T phases, processed by an ESP32 microcontroller and displayed via a local LCD screen and an online platform. The measured current values—4.3 A (R), 3.7 A (S), and 4.0 A (T)—indicate balanced loads across phases, which is essential for stable power distribution. The system is integrated with real-time notifications and a map-based fault tracking feature to enhance response time and maintenance efficiency. The use of IoT technology in this application enables continuous data transmission, improves system transparency, and facilitates faster decision-making during abnormal conditions. Results show that the system can effectively detect disturbances and immediately notify the monitoring team through the web platform, thus reducing the time needed for manual inspection. The implementation of this system can significantly improve the</p>
--	---

	<i>operational efficiency and reliability of power distribution infrastructure in line with modern smart grid requirements.</i>
--	---

## 1. PENDAHULUAN

Pada sistem distribusi listrik tegangan rendah, proteksi terhadap gangguan arus sangat penting untuk menjaga keselamatan peralatan listrik dan pengoperasian sistem secara keseluruhan [1][2][3]. Dalam sistem distribusi listrik 220 V, komponen proteksi utama yang digunakan adalah NH Fuse atau sekering NH, yang berfungsi untuk memutuskan aliran listrik secara otomatis ketika terdeteksi adanya arus lebih (overcurrent) atau hubung singkat (short circuit) [4][5][6]. NH Fuse dipilih karena kemampuannya dalam menangani arus besar dalam waktu yang sangat singkat, serta kestabilan operasional yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis sekering lainnya. NH Fuse bekerja dengan prinsip bahwa material penghantar dalam sekering tersebut akan meleleh ketika arus yang melalui fuse melebihi kapasitas nominalnya, sehingga aliran listrik dapat terputus secara otomatis dan mencegah kerusakan pada peralatan listrik yang lebih sensitif atau potensi kebakaran[7][8][9]. Namun, meskipun NH Fuse sangat efektif dalam menangani gangguan arus, banyak sistem distribusi saat ini yang masih bergantung pada pemantauan manual atau inspeksi berkala untuk mengetahui kondisi fuse, yang tentu saja menimbulkan kelemahan signifikan dalam hal waktu respon dan kecepatan identifikasi masalah. Keterlambatan dalam deteksi dan perbaikan dapat mengakibatkan downtime yang lama, gangguan operasional, dan kerugian material yang sangat besar, terutama di sektor industri atau fasilitas dengan jaringan distribusi listrik yang kompleks dan tersebar[10][11][12].

Masalah utama dari sistem manual yang bergantung pada pemeriksaan fisik atau inspeksi periodik terhadap NH Fuse adalah keterlambatan dalam mendeteksi gangguan atau kondisi putusnya fuse. Karena fuse hanya akan terlihat terputus setelah ada kegagalan sistem atau pemadaman, sering kali tidak ada sinyal atau indikator yang memberitahukan teknisi atau operator tentang status fuse dalam waktu nyata. Hal ini menjadi masalah besar terutama pada sistem distribusi listrik yang vital, seperti pada industri manufaktur, fasilitas medis, maupun

jaringan distribusi listrik rumah tangga[13][14][15][16]. Di banyak kasus, ketidakmampuan untuk mendeteksi fuse yang terputus pada waktunya mengakibatkan terhentinya produksi, kerusakan mesin, dan kerugian finansial yang sangat tinggi. Selain itu, terdapat juga risiko terhadap keselamatan yang lebih besar, karena kegagalan dalam sistem proteksi dapat menyebabkan kebakaran atau kerusakan fatal pada peralatan listrik lainnya. Keterlambatan dalam memutuskan aliran listrik dapat meningkatkan risiko kecelakaan, yang berdampak pada keselamatan pengguna[17][18][19]. Pengelolaan dan proteksi yang lebih cepat dan lebih efektif sangat dibutuhkan untuk mengurangi potensi risiko ini. Sehingga, sistem proteksi yang lebih cerdas, berbasis pada teknologi yang dapat memberikan informasi status NH Fuse dan kondisi arus dalam waktu nyata menjadi sangat penting untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik[20][21][22][23].

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan kebutuhan akan sistem distribusi listrik yang lebih canggih dan andal, munculnya solusi berbasis Internet of Things (IoT) untuk monitoring real-time menawarkan peluang besar untuk meningkatkan kinerja dan responsivitas sistem proteksi listrik[24][25][26][27]. Sistem monitoring real-time berbasis IoT memiliki keunggulan dalam mengumpulkan data secara otomatis dan langsung mengirimkan informasi terkait kondisi fuse dan arus ke sistem pemantauan terpusat, yang dapat diakses oleh operator atau teknisi di lokasi manapun dan kapanpun. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring arus dan status NH Fuse pada jaringan distribusi listrik tegangan rendah 220 V yang dapat mengidentifikasi gangguan arus lebih dan status fuse dengan cepat, serta memberikan notifikasi langsung ke sistem pemantauan secara real-time[28][29][30][31]. Sistem ini mengandalkan sensor arus berbasis Hall Effect yang dapat mendeteksi perubahan arus dengan akurat dan mikrokontroler ESP32 yang mendukung konektivitas Wi-Fi untuk mengirimkan data secara langsung ke server

atau dashboard pemantauan. Penggunaan teknologi IoT dalam sistem ini memungkinkan pengawasan yang lebih efektif dan efisien, karena data arus dan status fuse dapat dipantau secara terus-menerus tanpa memerlukan intervensi manusia yang dapat memakan waktu dan tenaga[32][33][34]. Selain itu, sistem ini juga memberikan keuntungan dalam hal deteksi dini terhadap gangguan arus atau putusnya fuse, sehingga tindakan perbaikan atau pemeliharaan dapat dilakukan segera, meminimalkan kerusakan yang lebih besar dan meningkatkan keandalan sistem distribusi[35][36][37]. Salah satu keunggulan besar dari sistem ini adalah kemampuannya dalam memberikan peringatan dini melalui notifikasi otomatis, yang memungkinkan operator untuk langsung mengetahui kondisi sistem dan merespons dengan cepat, tanpa harus menunggu hingga terjadi gangguan besar. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan solusi teknologi yang tidak hanya meningkatkan proteksi terhadap NH Fuse, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan keselamatan, efisiensi operasional, dan penghematan biaya jangka panjang pada sistem distribusi listrik tegangan rendah 220 V[38][39][40][41].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Fungsi dan Karakteristik NH Fuse (mengacu pada standar IEC/PLN)

NH Fuse adalah sekering tegangan rendah yang dirancang untuk melindungi sistem distribusi listrik dari arus lebih dan gangguan hubung singkat. Berdasarkan standar IEC 60269 dan regulasi PLN, NH Fuse memiliki kemampuan untuk memutuskan aliran listrik secara cepat saat terjadi gangguan, mengurangi risiko kerusakan pada peralatan listrik dan mencegah potensi kebakaran. Sekering ini memiliki desain yang efisien, mampu menahan arus tinggi dalam waktu singkat, serta dapat digunakan pada berbagai aplikasi distribusi listrik. NH Fuse juga memiliki ketahanan yang baik terhadap kondisi operasional yang ekstrem dan mampu menjaga kestabilan sistem distribusi dalam jangka panjang.

### 2.2. Sensor Arus Hall Effect (ACS712, SCT-013)

Sensor arus Hall Effect, seperti ACS712 dan SCT-013, digunakan untuk mengukur arus listrik dengan memanfaatkan prinsip Hall Effect. Ketika arus listrik mengalir melalui konduktor, ia menghasilkan medan magnet yang dapat dideteksi oleh sensor Hall Effect. Sensor ini menghasilkan tegangan yang proporsional dengan kuatnya medan magnet, yang kemudian dikonversi menjadi pembacaan arus. ACS712 dan SCT-013 menawarkan keakuratan tinggi dalam pengukuran arus AC dan DC, serta kemudahan integrasi dengan sistem berbasis mikrokontroler. Dengan kemampuannya untuk mendeteksi arus secara non-invasif, sensor Hall Effect sangat ideal untuk aplikasi pemantauan arus dalam sistem berbasis IoT yang memerlukan pengukuran real-time.

#### a. Peta Digital untuk Monitoring Gangguan

Integrasi peta digital dalam sistem pemantauan telah menjadi salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan metode konvensional. Penelitian Johnson dan Lee (2019) menemukan bahwa peta digital yang terhubung dengan data sensor dapat mengurangi waktu identifikasi lokasi gangguan hingga 40%. Dengan visualisasi data pada antarmuka peta, operator dapat segera menentukan lokasi kerusakan dan mengarahkan tim lapangan dengan lebih efektif [35][36][37].

### 2.3. Sistem Monitoring Fuse dan Arus Berbasis IoT

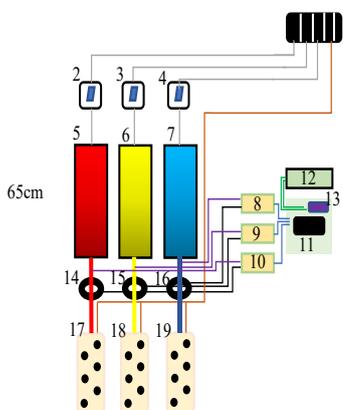
Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring arus dan fuse berbasis IoT yang memungkinkan deteksi dini terhadap gangguan dan status fuse secara real-time. Sistem ini memanfaatkan sensor arus dan perangkat IoT untuk memantau kondisi arus serta fuse secara terus-menerus, memberikan peringatan otomatis jika terjadi gangguan atau fuse terputus. Dengan kemampuan untuk mengirimkan data secara langsung ke platform pemantauan, sistem ini meningkatkan responsivitas dan efisiensi pemeliharaan, serta mengurangi downtime pada sistem distribusi listrik. Inovasi ini mendukung pemeliharaan proaktif, mengoptimalkan kinerja, dan mengurangi risiko kerusakan peralatan atau kegagalan sistem yang lebih besar.

### 2.4. Kebutuhan Respon Cepat dalam Deteksi Gangguan Listrik

Deteksi gangguan listrik yang cepat sangat penting untuk mencegah kerusakan peralatan, mengurangi risiko kebakaran, dan menjaga keselamatan operasional. Gangguan yang tidak segera terdeteksi dapat menyebabkan kerusakan jangka panjang pada peralatan atau bahkan kegagalan sistem yang lebih besar. Sistem berbasis IoT memungkinkan deteksi gangguan secara real-time, dengan memonitor arus dan status fuse, serta memberikan notifikasi otomatis kepada operator. Dengan demikian, sistem ini memungkinkan pemeliharaan proaktif, di mana teknisi dapat segera melakukan perbaikan sebelum kerusakan lebih lanjut terjadi. Kecepatan respons ini membantu mengurangi potensi kerugian finansial dan meningkatkan keandalan serta efisiensi sistem distribusi listrik.

### 3. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan dan pembuatan alat ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring arus dan proteksi fuse pada sistem distribusi listrik 220 V berbasis IoT. Alat ini terdiri dari sensor arus Hall Effect (seperti ACS712 atau SCT-013) untuk mengukur arus listrik secara real-time, serta NH Fuse sebagai proteksi terhadap gangguan arus lebih. Data yang diperoleh dari sensor akan dikirimkan melalui modul komunikasi IoT, seperti ESP8266 atau ESP32, ke platform pemantauan berbasis web. Sistem ini dilengkapi dengan algoritma untuk mendeteksi gangguan dan memberikan peringatan otomatis, memastikan respons cepat dan pengurangan downtime dalam sistem distribusi listrik.



Gambar 1. Prototipe dan Wiring pada LV Panel

Langkah pertama dalam pembuatan prototipe dan wiring adalah merancang konsep desain dan memastikan ukuran komponen sesuai dengan kebutuhan yang sebenarnya. Setelah itu, langkah kedua adalah membeli atau menyiapkan semua komponen dan peralatan yang diperlukan. Kemudian, tandai titik-titik pada papan sesuai dengan desain yang telah dibuat. Selanjutnya, lakukan pengeboran pada papan sirkuit, pasang komponen-komponen yang telah disiapkan, dan hubungkan semuanya dengan wiring yang sesuai dengan skema yang telah direncanakan. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai prototipe dan wiring pada panel tegangan rendah (LV) :

Tabel 1. Penjelasan Wiring LV Panel

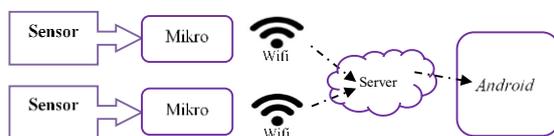
No.	Komponen	Deskripsi Singkat
1	Terminal input 220 VAC	Sebagai sumber input utama dengan tegangan 220 VAC.
2,3,4	Saklar	Digunakan untuk mensimulasikan gangguan atau pemutusan NH Fuse.
5,6,7	NH Fuse	Proteksi sistem dengan NH Fuse 80 A untuk melindungi dari arus lebih.
8,9,10	Sensor PZEM004	Modul untuk mengukur arus dan tegangan dalam sistem.
11	Sistem Minimum	Mikrokontroler ESP32 untuk pengolahan data dan komunikasi.
12	LCD	Menampilkan status sistem secara visual.
13	Buck Converter	Menurunkan tegangan dari 12V ke 5V untuk memberi daya pada perangkat elektronik.
14,15,16	Current Transformer (CT)	Sensor arus untuk mengubah nilai arus menjadi sinyal yang dapat dibaca.
17,18,19	Stop Kontak	Menghubungkan panel dengan modul beban dalam sistem.

Sistem monitoring real-time arus dan proteksi NH Fuse pada jaringan 220 V terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi. Terminal input 220 VAC menjadi sumber daya utama, sementara NH Fuse berkapasitas 80 A berfungsi sebagai proteksi terhadap arus lebih. Sensor PZEM004 dan CT digunakan untuk mengukur arus dan tegangan, dengan data dikirim ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali sistem. Informasi status ditampilkan melalui LCD 20x4, sedangkan Buck Converter menyediakan catu daya 5V. Saklar digunakan untuk simulasi gangguan, dan stop kontak menghubungkan sistem ke beban eksternal dalam proses pengujian.

**Tabel 2. Kabel yang Digunakan Wiring**

Garis	Nama	Tipe
	Line sensor ke mikro	NYAF 2x0,2 mm
	Line mikro ke led	NYAF 2x0,2 mm
	Line sumber 220 V	NYAF 2x1 mm
	Line CT ke sensor	NYAF 2x0,2 mm
	Line Ground	NYAF 1x1 mm
	Line R	NYN 1x2,5 mm
	Line S	NYN 1x2,5 mm
	Line T	NYN 1x2,5 mm

Pengkabelan sistem menggunakan berbagai jenis kabel sesuai fungsi dan arus yang dibawa. Kabel NYAF 2x0,2 mm digunakan untuk koneksi data seperti sensor ke mikrokontroler dan LCD. Untuk daya, digunakan NYAF 2x1 mm dan NYN 1x2,5 mm pada jalur fase R, S, T, serta kabel ground.



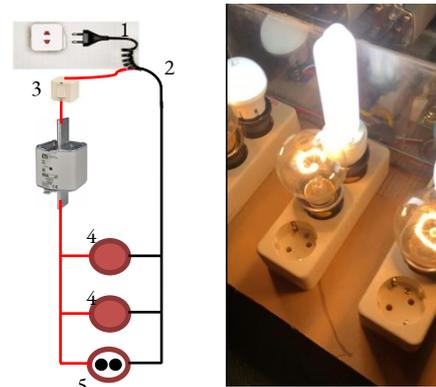
**Gambar 2. Pemodelan Sistem Komunikasi Data**

Gambar tersebut menunjukkan alur sistem monitoring berbasis IoT, di mana sensor membaca data arus dan mengirimkannya ke mikrokontroler. Data selanjutnya dikirim melalui WiFi ke server cloud. Pengguna dapat memantau kondisi sistem secara real-time melalui aplikasi Android yang terhubung ke server.



**Gambar 3. Prototipe Alat**

Gambar tersebut menunjukkan prototype sistem monitoring real-time arus dan NH Fuse pada jaringan 220 V. Di bagian kiri terdapat tiga buah NH Fuse sebagai proteksi untuk masing-masing fase (R, S, T), disambungkan ke stop kontak untuk simulasi beban. Di sisi kanan terlihat tiga modul sensor arus dan tegangan (PZEM004) yang terkoneksi dengan mikrokontroler ESP32. Informasi sistem ditampilkan pada layar LCD 20x4 yang berada di atas rangkaian. Seluruh komponen terpasang pada papan panel transparan, dengan catu daya yang disuplai melalui buck converter. Rangkaian ini dirancang untuk mempermudah pengujian, pemantauan, dan analisis gangguan listrik secara efisien.



**Gambar 4. Rangkaian Modul Beban**

Gambar menunjukkan rangkaian simulasi beban yang terhubung ke sistem proteksi NH Fuse. Pada bagian kiri terlihat diagram alir dari sumber listrik (stop kontak), yang mengalir melalui NH Fuse, kemudian didistribusikan ke beberapa titik beban berupa lampu. Gambar kanan merupakan implementasi fisiknya, yaitu tiga buah stop kontak masing-masing menghubungkan lampu pijar dan lampu neon

sebagai simulasi beban nyata. Rangkaian ini digunakan untuk menguji kemampuan NH Fuse dalam memutus aliran listrik saat terjadi gangguan atau kelebihan arus pada salah satu beban, serta untuk memantau kinerja sistem secara visual dan real-time.



Gambar 4. Monitoring Software android

Gambar menunjukkan tampilan antarmuka aplikasi “Super Yantek” berbasis Android untuk monitoring sistem kelistrikan secara real-time. Pada gambar 1, pengguna masuk melalui halaman login dengan mengisi username dan password. Gambar 2 menampilkan halaman utama dengan informasi tiga gardu (RB818, RB496, RA167) yang menunjukkan nilai arus dan tegangan secara real-time. Gambar 3 memperlihatkan notifikasi gangguan pada gardu RB818, yang ditandai dengan warna merah dan disertai tombol “BUKA MAP” untuk melihat lokasi. Aplikasi ini memudahkan teknisi dalam memantau kondisi gardu secara langsung dan memberikan respon cepat saat terjadi gangguan listrik.

**4. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

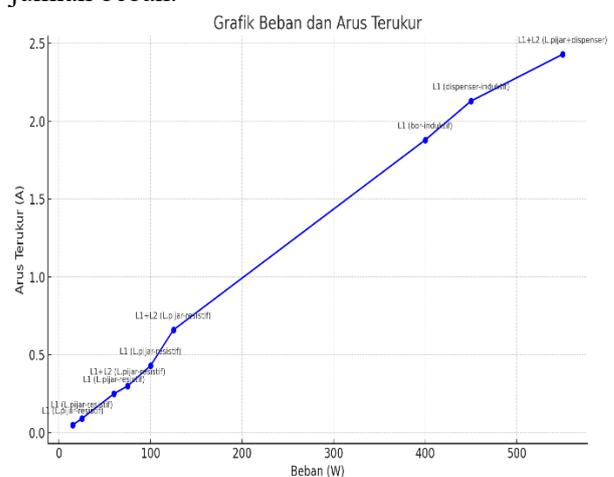
Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem monitoring fuse dan arus berbasis IoT berfungsi sesuai dengan rancangan. Proses ini mencakup uji koneksi sensor ke mikrokontroler, pengiriman data melalui jaringan WiFi ke server, dan tampilan data pada aplikasi Android secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor arus dan tegangan mampu membaca parameter dengan akurat dan ditampilkan dengan respons cepat di aplikasi. Ketika terjadi gangguan seperti fuse putus, sistem segera mengirim notifikasi. Hal ini

membuktikan efektivitas sistem dalam mendeteksi gangguan dan meningkatkan kecepatan respon dalam pemeliharaan jaringan distribusi listrik.

**Tabel 3. Hasil Pengukuran Arus (manual)**

Beban	Arus Terukur Multimeter	Ket. Beban
15 W	0,05	L1 (L.pijar-resistif)
25 W	0,09	L1 (L.pijar-resistif)
60 W	0,25	L1 (L.pijar-resistif)
60+15 W	0,3	L1+L2 (L.pijar-resistif)
100 W	0,43	L1 (L.pijar-resistif)
100+25 W	0,66	L1+L2 (L.pijar-resistif)
400 W	1,88	L1 (bor-induktif)
450 W	2,13	L1 (dispenser-induktif)
100+450 W	2,43	L1+L2 (L.pijar+dispenser)

Tabel tersebut menunjukkan hasil pengujian arus terhadap berbagai kombinasi beban listrik, baik resistif maupun induktif. Terlihat bahwa semakin besar daya beban yang digunakan, semakin besar pula arus yang terukur menggunakan multimeter. Untuk beban resistif seperti lampu pijar, arus berkisar antara 0,05 A hingga 0,43 A, tergantung daya. Saat beban digabungkan, misalnya 100 W + 25 W, arus naik menjadi 0,66 A. Beban induktif seperti bor dan dispenser menghasilkan arus yang lebih tinggi: 1,88 A (bor) dan 2,13 A (dispenser). Gabungan antara beban resistif dan induktif menghasilkan arus tertinggi sebesar 2,43 A. Ini menunjukkan bahwa sistem dapat mengukur arus secara proporsional terhadap jenis dan jumlah beban.



Gambar 5. Grafik pengukuran beban

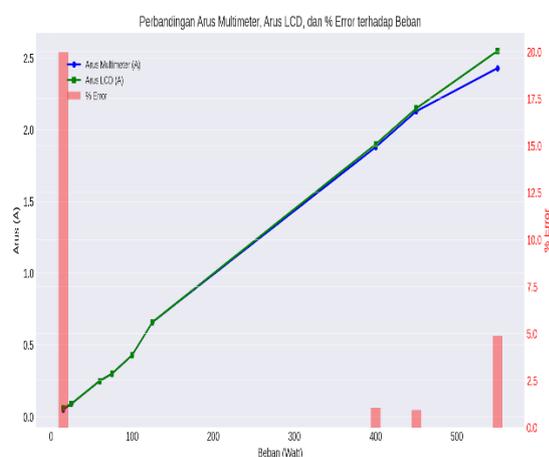
Persentase galat (% Error) menunjukkan selisih antara hasil pengukuran arus oleh multimeter dan tampilan LCD. Dihitung dengan rumus  $((\text{Multimeter} - \text{LCD}) / \text{Multimeter}) \times 100\%$ , nilai ini menunjukkan akurasi sistem. Semakin kecil % Error, semakin akurat sistem pengukuran arus tersebut.

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Hasil multimeter} - \text{Tampil LCD}}{\text{Hasil multimeter}} \times 100\%$$

**Tabel 4. Hasil Pengujian sensor Arus, Fase R**

Beban	Arus Terukur Multimeter	I (A) (tampil LCD)	% Error
15 W	0,05	0,06	20
25 W	0,09	0,09	0
60 W	0,25	0,25	0
60+15 W	0,3	0,3	0
100 W	0,43	0,43	0
100+25 W	0,66	0,66	0
400 W	1,88	1,9	1,06
450 W	2,13	2,15	0,94
100+450 W	2,43	2,55	4,9

Data menunjukkan bahwa hasil pengukuran arus listrik menggunakan multimeter dan tampilan LCD umumnya akurat, dengan sebagian besar nilai menunjukkan % Error sebesar 0%. Namun, pada beban rendah (15 W) dan kombinasi beban tinggi (550 W), terdapat deviasi dengan % Error masing-masing sebesar 20% dan 4,9%. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem tampilan LCD masih memiliki keterbatasan dalam akurasi pada kondisi tertentu, khususnya pada beban sangat kecil atau gabungan beban besar.



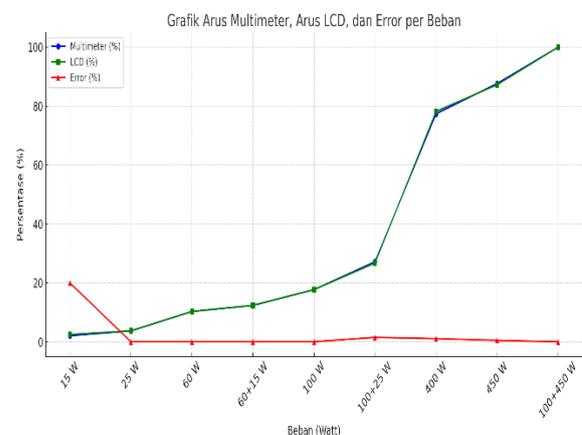
**Gambar 5. Grafik pengujian beban fase R**

Grafik menunjukkan hubungan antara beban listrik (Watt) dengan arus terukur dari multimeter dan tampilan LCD. Terlihat bahwa sebagian besar nilai arus LCD sesuai dengan multimeter, kecuali pada beberapa beban tinggi yang menunjukkan sedikit deviasi. Persentase galat (% Error) tertinggi terjadi pada beban 15 W dan kombinasi 550 W.

**Tabel 5. Hasil Pengujian sensor Arus, Fase S**

Beban	Arus Terukur Multimeter	I (A) (tampil LCD)	% Error
15 W	0,05	0,06	20
25 W	0,09	0,09	0
60 W	0,25	0,25	0
60+15 W	0,3	0,3	0
100 W	0,43	0,43	0
100+25 W	0,66	0,65	1,51
400 W	1,88	1,9	1,06
450 W	2,13	2,12	0,47
100+450 W	2,43	2,43	0

Data menunjukkan bahwa tampilan LCD umumnya akurat dalam menampilkan arus listrik, dengan % Error 0% pada sebagian besar beban. Deviasi terbesar terjadi pada beban 15 W (20%), sedangkan beban lainnya memiliki galat kecil (<2%). Ini menunjukkan kinerja sistem cukup andal, kecuali pada arus sangat kecil.



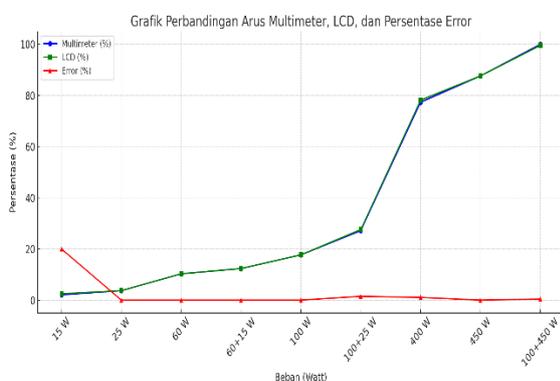
**Gambar 6. Grafik pengujian beban fase S**

Grafik menunjukkan akurasi tinggi pengukuran arus LCD dibanding multimeter, dengan error kecil kecuali pada beban rendah (15 W) yang mencapai 20%.

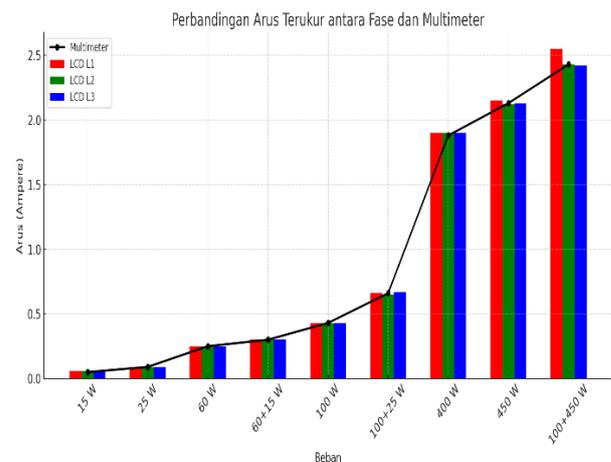
**Tabel 6. Hasil Pengujian sensor Arus, Fase T**

Beban	Arus Terukur Multimeter	I (A) (tampil LCD)	% Error
15 W	0,05	0,06	20
25 W	0,09	0,09	0
60 W	0,25	0,25	0
60+15 W	0,3	0,3	0
100 W	0,43	0,43	0
100+25 W	0,66	0,67	1,5
400 W	1,88	1,9	1,06
450 W	2,13	2,13	0
100+450 W	2,43	2,42	0,41

Data menunjukkan hasil pengukuran arus listrik menggunakan multimeter dan tampilan LCD pada berbagai beban. Secara umum, akurasi tampilan LCD cukup tinggi karena nilai arus yang ditampilkan hampir selalu sesuai dengan multimeter, dengan error rata-rata sangat kecil. Hanya pada beban 15 W terjadi deviasi signifikan sebesar 20%, sedangkan pada beban lainnya error berada di bawah 2%, bahkan 0% pada sebagian besar pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa sistem monitoring arus berbasis LCD memiliki performa yang andal, terutama untuk beban menengah hingga tinggi.



**Gambar 7. Grafik pengujian beban fase T**



**Gambar 8. Grafik pengujian beban fase R,S T**

Grafik menyajikan perbandingan nilai arus terukur pada tiga fase (L1, L2, dan L3) terhadap pembacaan multimeter sebagai acuan utama. Setiap kolom mewakili hasil pembacaan arus pada beban tertentu, dengan warna merah untuk L1, hijau untuk L2, dan biru untuk L3, sedangkan garis hitam menunjukkan nilai standar dari multimeter. Dari grafik terlihat bahwa pembacaan sensor cukup akurat dan stabil pada seluruh fase, dengan deviasi yang sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem monitoring arus yang dirancang mampu bekerja secara konsisten dan dapat diandalkan dalam mendeteksi perubahan beban secara real-time.

## 5. KESIMPULAN

Dalam sistem distribusi listrik tegangan rendah, keberadaan proteksi arus sangat penting untuk menjaga keamanan peralatan dan kontinuitas operasional. NH Fuse, sebagai salah satu komponen proteksi utama dalam jaringan 220 V, bekerja secara otomatis memutuskan aliran listrik saat terjadi arus lebih atau hubung singkat. Namun, kelemahan sistem konvensional yang masih mengandalkan pemantauan manual mengakibatkan keterlambatan dalam deteksi gangguan, yang berpotensi menimbulkan downtime, kerusakan peralatan, hingga kerugian material. Kebutuhan akan sistem monitoring yang cerdas dan responsif menjadi sangat mendesak, terutama di

sektor industri, fasilitas medis, dan jaringan rumah tangga yang mengandalkan ketersediaan listrik yang andal. Untuk itu, sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) menjadi solusi ideal, memungkinkan deteksi real-time terhadap status arus dan fuse, serta mengirimkan notifikasi secara otomatis saat terjadi gangguan. Sistem ini menggunakan sensor arus Hall Effect (seperti ACS712 atau SCT-013) yang mendeteksi perubahan arus secara presisi, serta mikrokontroler ESP32 dengan konektivitas Wi-Fi untuk mengirimkan data ke dashboard pemantauan.

Perancangan sistem ini melibatkan integrasi NH Fuse sebagai proteksi utama, sensor arus untuk pemantauan, dan ESP32 sebagai pusat pengendali serta pengirim data. Data arus yang diperoleh dari sensor dikirim secara real-time ke platform pemantauan berbasis web, yang dapat diakses teknisi dari jarak jauh. Untuk visualisasi, sistem dilengkapi dengan LCD 20x4 dan notifikasi peringatan otomatis guna mempercepat respons terhadap gangguan. Selain itu, penggunaan peta digital dapat membantu menentukan lokasi gangguan secara cepat dan akurat, mendukung efektivitas pengiriman tim lapangan. Sistem ini tidak hanya meningkatkan keandalan jaringan distribusi, tetapi juga mendukung strategi pemeliharaan proaktif yang mencegah kerusakan lebih besar dan meningkatkan efisiensi operasional. Dari hasil pengukuran, beban pada masing-masing phase menunjukkan distribusi arus sebagai berikut: Phase R sebesar 4,3 A, Phase S sebesar 3,7 A, dan Phase T sebesar 4,0 A. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan pembebanan relatif seimbang, meskipun tetap perlu pengawasan berkelanjutan untuk mencegah ketidakseimbangan fasa yang bisa merugikan sistem secara keseluruhan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Kiswantonono, "TRANSFORMASI ENERGI RUMAH TANGGA: OTOMATISASI BEBAN LISTRIK DENGAN IOT," vol. 2, no. 1, pp. 75–81, 2025.
- [2] A. anas, iqbal, "Simulasi Perancangan Jaringan DMVPN dengan GNS3," *Ejournal.Akademitelkom.Ac.Id*, pp. 656–660, [Online]. Available: <http://ejournal.akademitelkom.ac.id/emit/index.php/eMit/article/view/19%0Ahttp://ejournal.akademitelkom.ac.id/emit/index.php/eMit/article/download/19/16>
- [3] Agus K, "Design of Atmega2560 Charge Controller Battery Using Static Bicycle," vol. 7, no. 1, pp. 79–93, 2023.
- [4] 2Agus Kiswantonono Bagus Yudha Saputra, "ISSN ( Print ) : 2621-3540 ISSN ( Online ) : 2621-5551," pp. 1–5.
- [5] A. Cahyono, E Nur, "Profil otomatisasi distribusi sistem tenaga listrik universitas bhayangkara surabaya," no. 1, pp. 18–24, 2021.
- [6] A. Agus, Yusron, "Fuzzy Control Innovation : Optimizing DC Motor Performance with Solar Energy Matahari," pp. 31–44.
- [7] M. A. Faza and . A Kiswantonono, "RANCANG BANGUN ALAT MONITORING ONLINE TEMPERATUR KLEM PADA," vol. 14, no. 1, 2022.
- [8] Y. Hermanto, "Prototype Monitoring Electricity System 220v of Wind Power Plant ( PLTB ) based on the Internet of Things," vol. 01, 2021, doi: 10.31763/iota.v1i13.469.
- [9] Y. Hermanto and A. Kiswantonono, "Stability Control of Frequency and Voltage in Wind Power Plant Using Complementary Load with Pid Control, Pwm and Thingspeak Monitor," *JEECS (Journal Electr. Eng. Comput. Sci.)*, vol. 7, no. 1, pp. 1159–1168, 2023, doi: 10.54732/jeees.v7i1.211.
- [10] M. Jainuri *et al.*, "ISSN (Print): 2621-3540 ISSN (Online) : 2621-5551," pp. 674–683.
- [11] 4Agus Kiswantonono Dwi cahyana putra, 2Adhitya Bahcrah, 3Noor Saadillah, "SIMULASI GANGGUAN RELAY DIFFERENTIAL TRAFO PADA SALURAN," pp. 548–553.
- [12] A. K and M. Fajri, "Transformasi Proteksi Tegangan: Sistem Monitoring IoT untuk Pemantauan Real-Time," vol. 11, no. 2, pp. 119–128, 2024.
- [13] A. Kiswantonono, "TRANSFORMASI PEMANTAUAN ENERGI: KONTROL DAYA LISTRIK 3 FASA DENGAN ANTARMUKA GRAFIS PENGGUNA ( GUI ) SECARA LANGSUNG," vol. 1, no. 2, pp. 76–84, 2023.
- [14] P. N. W. AGUS KISWANTONO, "REVOLUSI HIJAU: OTOMATISASI BATERAI DALAM," vol. 2, no. 2, pp. 131–139, 2024.
- [15] A. K. Jaffarudin S.W, "Design Analysis of Solar Powered Systems Full Flexible 10 WP Capacity," pp. 113–118, 2017.
- [16] A. Kiswantonono, "Pengembangan Sistem Energi Terbaru: Pendekatan

- Multigenerator Dan Simulasi Etap,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4147.
- [17] A. Kiswanton, H. Afianti, and B. Purwahyudi, “Proteksi Tegangan Berbasis IoT: Sistem Monitoring Cerdas dan Responsif,” pp. 43–48.
- [18] A. Kiswanton and G. L. Arzadiwa, “Jurnal Pengabdian Siliwangi MEMBUAT LAMPU SEDERHANA SERBAGUNA MENGGUNAKAN LED DAN BARANG,” vol. 7, pp. 59–61, 2021.
- [19] A. Kiswanton, E. N. Cahyono, and Hermawan, “Profile of Automation of Electricity Distribution System Bhayangkara University Surabaya,” *JEECS (Journal Electr. Eng. Comput. Sci.)*, vol. 6, no. 2, pp. 1071–1080, 2021, doi: 10.54732/jeees.v6i2.201.
- [20] A. Kiswanton and W. A. Febryasta, “TRACKING MAP UNTUK MONITORING GANGGUAN,” vol. 13, no. 1, 2025.
- [21] A. Kiswanton and D. I. Firmansyah, “STUDY ALIRAN DAYA ( LOAD FLOW ) PADA SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK GEDUNG PASCA SARJANA,” pp. 133–140, 2020.
- [22] A. Kiswanton and Y. Hermanto, “PENINGKATAN KINERJA PLTB MELALUI KENDALI,” vol. 12, no. 1, pp. 137–147, 2024.
- [23] A. Kiswanton, A. Irwan, P. S. Elektro, F. Teknik, and U. B. Surabaya, “INOVASI ENERGI HIJAU : PIEZOELEKTRIK UNTUK MENGUBAH,” vol. 12, no. 3, pp. 1829–1835, 2024.
- [24] A. Kiswanton, E. W. Pratama, T. Elektro, F. Teknik, and U. B. Surabaya, “Rancang kendali daya 3 phase real time 1,2,” pp. 1–6.
- [25] A. Kiswanton and A. P. Putra, “Analisa Perancangan Sistem Transmisi Pembangkit dengan Power 150 KVA dan proteksi gangguan listrik di penyaluran 10 KVA,” pp. 384–387.
- [26] A. Kiswanton, A. Rozak, F. Syah, and M. A. M. A, “Realizing Energy Independence : Automation Solutions with Visual Studio for PLN and PLTS Integration via ATS Panel Studio untuk Integrasi PLN dan PLTS melalui Panel ATS”.
- [27] A. Kiswanton and Y. A. S, “Pengukuran Energi Listrik dengan Modul Single on Circuit ( SOC ),” vol. 1, no. 3, 2024.
- [28] A. Kiswanton, A. F. Saputra, P. S. Elektro, F. Teknik, and U. B. Surabaya, “SISTEM MONITORING DAN PROTEKSI MOTOR MINI CONVEYOR TERHADAP ANOMALI ARUS DAN,” vol. 13, no. 2, 2025.
- [29] A. Kiswanton and Y. A. Setiawan, “Antena Televisi Sederhana : Memanfaatkan Kaleng Minuman Simple Television Antenna : Utilizing Beverage Cans,” vol. 1, no. 2, pp. 101–111, 2024.
- [30] A. K. Maharsih, Inggit Kresna, “Indonesia Energy Transition,” no. December 2023, 2024, doi: 10.55981/brin.892.c817.
- [31] S. Nasional, T. Elektro, S. Informasi, and T. Informatika, “Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika,” 2021.
- [32] D. B. Prasetyo and A. Kiswanton, “SINKRONISASI DAN MONITORING GENERATOR DENGAN PENGENDALI BERBASIS ARDUINO MEGA 2560,” vol. 3, no. 2.
- [33] N. Prastyana, “Monitoring Arus dan Tegangan dari 9 Unit Pembangkit Di Indonesia Ke Kantor Pusat PLN Menggunakan Etap,” pp. 654–655.
- [34] P. Produk, B. E. L. Rumah, and S. Dan, “Jurnal Pengabdian Siliwangi Jurnal Pengabdian Siliwangi Volume 9 , Nomor 1 , Tahun 2023 P-ISSN 2477-6629 E-ISSN 2615-4773,” vol. 9, pp. 20–22, 2023.
- [35] A. R. B. S and A. Kiswanton, “KENDALI BERBASIS WEB PADA ANOMALI NEUTRAL GROUND RESISTOR ( NGR ),” vol. 12, no. 3, pp. 3475–3481, 2024.
- [36] D. Sambudo and A. Kiswanton, “Analisa Konfigurasi Drop Tegangan Dengan Menggunakan Sistem Loop Scheme Pada Etap 12.6. 0,” *SinarFe7*, pp. 650–653, 2021, [Online]. Available: <https://journal.fortei7.org/index.php/sinarFe7/article/download/113/236>
- [37] J. Semeru, “BERTENAGA SURYA SEBAGAI PENINGKATAN,” vol. 01, no. 02, pp. 114–120, 2024.
- [38] H. Singkat and B. Capacity, “Analisa Simulasi Gangguan Hubung Singkat Dan Breaking Capacity Circuit Breaker Menggunakan,” pp. 619–622.
- [39] O. Suhu, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. B. Surabaya, “Revitalisasi Sistem ATS : Integrasi Smart Relay dan Teknologi,” pp. 56–63, 2023.
- [40] A. Syaefudin, A. Kiswanton, and B. Purwahyudi, “Sistem Kendali Kinerja Motor 1 Phasa pada WTP Menggunakan ESP8266 Tipe 01,” *Sent. Vi 2021*, no. November 2021, pp. 110–119, 2021.
- [41] A. Yuli Hermanto, “Voltage and Frequency Controller for Wind Turbine With PID, PWM and Thingspeak Monitor,” *JTECS*, vol. 3:1, 2023.