

Sistem Otomatis Penyimpanan Data Pendeteksi Fase Pelanggan Tegangan Rendah

Anang Dasa Novfowan^{*a)}, Mochammad Mieftah^{a)}, Slamet Nurhadi^{a)}

(Received 21 Agustus 2024 || Revised 22 September 2024 || Accepted 28 Oktober 2024)

Abstract: Inaccurate phase detection due to manual data recording often led to errors, impacting load balancing processes in electrical distribution. This research aimed to develop an automated phase detection system for low-voltage customers, utilizing a MicroSD-Card for data storage to reduce human error and enhance data reliability. The device used Power Line Carrier (PLC) communication technology integrated with customer identity (ID PEL) and employed Arduino Uno for phase data processing. The research method involved designing and testing phase detection and data storage functions across various distances to assess system accuracy. Findings indicated the system accurately detected customer phases and stored data efficiently, with minor delays only at longer distances. This automated solution effectively minimized manual errors in phase data entry. Future applications of this system could significantly improve load balancing accuracy and data management in electrical distribution networks.

Keywords: Power Line Carrier (PLC), Low Voltage customers, Arduino Uno, recording data, phase detection, system accuracy

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komunikasi dan sistem data semakin mendorong efisiensi dalam industri listrik, terutama dalam hal manajemen distribusi energi. Akurasi data fase pelanggan sangat penting dalam upaya penyeimbangan beban, yang menjadi salah satu indikator utama kinerja jaringan listrik. Dengan jumlah pelanggan bertegangan rendah yang terus meningkat, khususnya pelanggan satu fase, kebutuhan akan sistem pencatatan data yang otomatis dan andal menjadi semakin mendesak. Penggunaan teknologi penyimpanan data otomatis pada pendeteksi fase dapat membantu operator dalam mengurangi potensi kesalahan data, serta mendukung proses penyeimbangan beban yang lebih presisi.

Namun, pencatatan data fase pelanggan saat ini masih banyak dilakukan secara manual oleh operator, yang menyebabkan tingginya risiko kesalahan manusia, seperti ketidakjelasan tulisan atau kesalahan input data. Kesalahan ini berdampak pada ketidaktepatan data fase pelanggan, yang berpotensi mengganggu proses penyeimbangan beban serta menurunkan efisiensi jaringan distribusi. Di sisi lain, deteksi fase dengan perangkat berbasis frekuensi radio atau Power Line Carrier (PLC) telah diterapkan, namun tetap membutuhkan pencatatan manual yang tidak lepas dari kesalahan.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa teknologi Power Line Carrier (PLC) cukup efektif dalam mengirim data melalui jaringan listrik tanpa perlu kabel tambahan. Beberapa penelitian terkait sistem deteksi fase menggunakan PLC telah dilakukan, tetapi umumnya masih berfokus pada deteksi tanpa sistem penyimpanan data yang otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan perangkat yang tidak hanya mendeteksi fase secara otomatis, tetapi juga menyimpan data dengan akurasi tinggi dalam format digital yang mudah diakses.

Meskipun perangkat PLC mampu mendeteksi fase secara andal, ketiadaan fitur penyimpanan data otomatis menjadi

kelemahan utama yang belum diatasi dalam penelitian terdahulu. Penggunaan perangkat yang hanya mendeteksi fase tanpa menyimpan data dapat menyebabkan hilangnya informasi penting, terutama dalam jangka waktu lama. Maka, pengembangan sistem yang mampu mendeteksi dan sekaligus menyimpan data fase pelanggan secara otomatis adalah kebutuhan mendesak yang perlu diisi oleh penelitian ini.

Dalam penelitian ini, sistem deteksi fase pelanggan bertegangan rendah dirancang dengan menggunakan modul MicroSD-Card sebagai penyimpanan data otomatis, yang diharapkan dapat mengurangi kesalahan pencatatan manual. Sistem ini menggunakan teknologi Power Line Carrier (PLC) untuk transmisi data fase dan Arduino Uno sebagai pengendali. Dengan konsep inovatif ini, penelitian bertujuan untuk menciptakan perangkat yang lebih andal dan efektif dalam mendeteksi dan menyimpan data fase pelanggan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi manajemen distribusi energi dan mendukung stabilitas jaringan listrik secara keseluruhan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega328, dilengkapi 14 pin untuk input dan output, termasuk 6 pin yang mendukung output PWM, 6 input analog, sebuah kristal osilator 16 MHz, port USB, jack daya, header ICSP, serta tombol reset. Arduino Uno mendukung pemrograman mikrokontroler dan dapat dihubungkan ke komputer melalui kabel USB atau dioperasikan menggunakan adaptor AC-DC maupun baterai. Papan kontroler ini sangat fleksibel dan mudah diakses oleh pemrogram pemula, karena desainnya sederhana dan menggunakan bahasa pemrograman C. Prosesornya berbasis Atmel AVR, dengan dukungan IDE berupa Text-editor, Compiler, Serial Monitor, dan Serial ISP Programmer.

*Korespondensi: anang.dasa@polinema.ac.id

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jl. Sukarno Hatta no.9 Kota Malang, Jawa Timur Indonesia

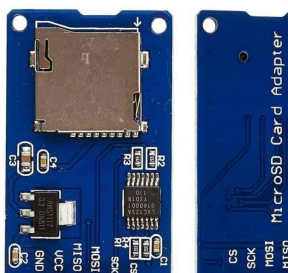


GAMBAR 2.1. BOARD ARDUINO UNO

Kesederhanaan ini menjadikan Arduino Uno salah satu produk paling populer dan dicari di pasaran. Papan ini memiliki 14 pin digital I/O dan 6 input analog. Koneksi USB-nya menggunakan tipe A dan B, mirip dengan kabel USB pada perangkat printer. Meskipun memiliki banyak kelebihan, Arduino Uno juga memiliki beberapa keterbatasan, seperti kapasitas memori yang kecil, sekitar 0,002 MB, serta memori flash sebesar 32 KB. Selain itu, kecepatan prosesornya relatif rendah, dan papan ini tidak dilengkapi dengan koneksi wifi, bluetooth, maupun ethernet.

2.2. MicroSD-Card Adapter Module

Modul Adapter MicroSD adalah perangkat yang berfungsi untuk membaca dan menulis data pada kartu memori microSD dengan menggunakan antarmuka SPI[8]. Modul ini sangat cocok diterapkan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan penyimpanan data berbasis basis data, seperti sistem absensi, antrian, pencatatan data, sistem parkir, dan lainnya.



GAMBAR 2.2. MICROSD ADAPTER MODULE

Tabel 2.1. Keterangan Fungsi Pin Module Adapter

Pin	Label	Fungsi
1	CS	Pin Chip Select untuk komunikasi SPI
2	SCK	Pin Serial Clock untuk komunikasi SPI
3	MOSI	Pin MOSI untuk komunikasi SPI
4	MISO	Pin MISO untuk komunikasi SPI
5	VCC	Sumber daya positif 5V
6	GND	Sumber daya negatif 0V

Spesifikasi Adapter Micro SD :

- Menggunakan tegangan input DC 4,5 – 5,5 V DC
- Arus 200 mA
- Support Micro SD Card \geq 2 GB, Micro SDHC Card \leq 32 GB
- Size 42x24x12 mm
- Weight 5 g

2.3. Modul PLC KQ-330

Modul Komunikasi Data KQ-330 dapat mentransmisikan data broadband melalui saluran listrik, sehingga cocok untuk digunakan pada jaringan rumah atau komersial (seperti kantor, apartemen, hotel, dan gudang) yang memanfaatkan saluran listrik yang ada. Tanpa perlu kabel tambahan, modul ini memungkinkan jaringan berkecepatan tinggi yang dapat mengirim video, suara, dan data secara mudah. Power Line Communication (PLC) bekerja dengan membawa data pada konduktor yang juga digunakan untuk transmisi daya listrik AC atau distribusi ke konsumen. Teknologi ini dikenal dengan berbagai istilah, seperti power line carrier, power line digital subscriber line (PDSL), power line telecom (PLT), power line networking (PLN), dan broadband over power lines (BPL).

Modul KQ330 merupakan modem PLC yang berfungsi untuk mengirim dan menerima data serial melalui kabel induk AC. Modem ini tahan terhadap gangguan suara listrik pada saluran dan dilengkapi pengecekan kesalahan untuk memastikan data tidak rusak. Modul ini adalah sirkuit siap pakai yang mendukung komunikasi dua arah dengan kecepatan hingga 9600 baud rate, dan karena ukurannya yang kecil, modul ini dapat dengan mudah diintegrasikan ke dalam sistem komunikasi power line lainnya.



GAMBAR 2.2. MODUL KQ 330

3. Metode Penelitian

3.1 Material

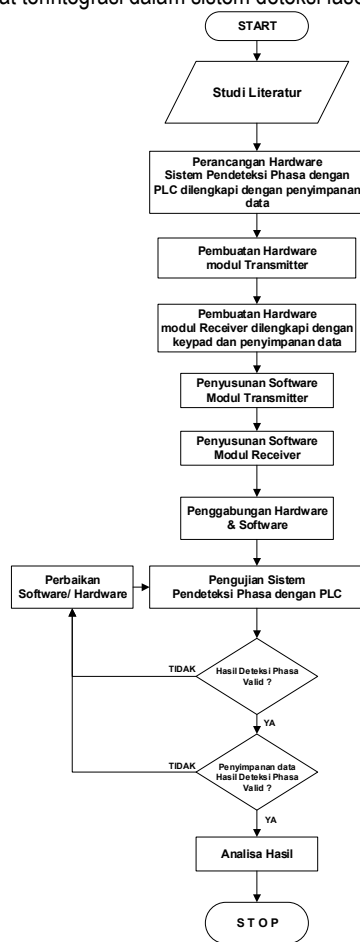
Material utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras dan bahan utama yang dipilih sesuai dengan spesifikasi penelitian. Komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain modul komunikasi Power Line Carrier (PLC) KQ-330 sebagai modul utama transmisi data. Modul ini dipilih karena kemampuannya dalam mentransmisikan data melalui saluran listrik dengan stabilitas dan ketahanan yang tinggi terhadap gangguan sinyal. Brand modul ini adalah KQ-330, dengan tingkat kemurnian sinyal yang terjaga untuk komunikasi dua arah pada kecepatan 9600 baud rate.

Perangkat lain yang berperan penting dalam penelitian ini adalah board mikrokontroler Arduino Uno, yang menggunakan chip ATmega328. Board ini merupakan produk dari Arduino, dengan tingkat akurasi sinyal tinggi dan fleksibilitas dalam pengolahan data input-output digital. Alat ini dipilih karena kemudahan dalam pemrograman, serta dukungan terhadap komunikasi serial dan penyimpanan data dengan MicroSD-Card Adapter.

Modul penyimpanan data menggunakan MicroSD-Card Adapter, yang berfungsi untuk menyimpan data hasil deteksi fase dalam bentuk file digital. Alat ini memiliki antarmuka SPI (Serial Peripheral Interface) dengan kompatibilitas kartu MicroSD hingga 32GB, merek Kingston, yang telah teruji memiliki kecepatan baca/tulis yang stabil.

Perangkat display yang digunakan adalah LCD 16x2, brand Keystudio, yang berfungsi untuk menampilkan data hasil deteksi fase secara real-time. Tampilan LCD memungkinkan operator untuk melihat fase dan data pelanggan dengan jelas tanpa perlu perangkat tambahan. Selain itu, adaptor daya dengan tegangan keluaran DC 9V digunakan untuk mensuplai mikrokontroler Arduino Uno, yang menjaga kestabilan daya dalam proses pengolahan data.

Perangkat utama tersebut disusun dalam sebuah sistem yang dilengkapi dengan koneksi dan antarmuka yang memungkinkan sistem untuk beroperasi secara otomatis. Diagram blok dari sistem ini ditampilkan dalam Gambar 1, yang menunjukkan hubungan antara masing-masing komponen utama dalam penelitian ini. Diagram ini memberikan gambaran umum tentang bagaimana setiap perangkat terintegrasi dalam sistem deteksi fase pelanggan.



GAMBAR 3-1. LANGKAH PENELITIAN

3.2 Metode

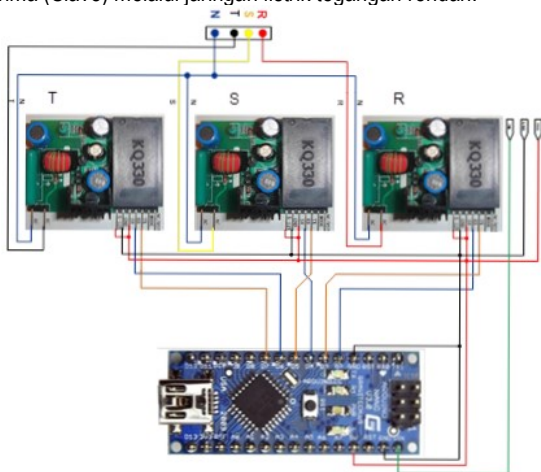
Penelitian ini dirancang dalam tahapan-tahapan yang sistematis untuk mengembangkan sistem pendeteksi fase otomatis berbasis Power Line Carrier (PLC) dengan penyimpanan data. Tahapan penelitian ini melibatkan perancangan, perakitan, pemrograman, serta pengujian sistem yang dirancang. Secara rinci, setiap tahap dilakukan sesuai urutan sebagai berikut:

1. **Desain Penelitian:** Penelitian ini didesain sebagai penelitian eksperimental yang bertujuan untuk menguji efektivitas perangkat deteksi fase dan sistem penyimpanan data berbasis PLC. Tahapan desain ini meliputi perencanaan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk memastikan sistem dapat beroperasi secara optimal.
2. **Perancangan Perangkat dan Algoritme:** Algoritme pendeteksian fase dirancang dengan menggunakan pseudocode yang memastikan tiap sinyal fase dapat diterima dan diproses secara akurat. Algoritme ini kemudian dikonversikan menjadi kode pemrograman yang diunggah ke mikrokontroler Arduino Uno.
3. **Prosedur Pengumpulan Data:** Prosedur pengumpulan data dimulai dengan memposisikan modul Transmitter (Master) pada panel utama, yang akan mengirimkan sinyal referensi fase ke modul Receiver (Slave). Data yang diterima oleh modul Receiver disimpan secara otomatis dalam kartu MicroSD.
4. **Instrumen Penelitian:** Instrumen utama dalam penelitian ini adalah sistem deteksi fase yang terdiri dari modul PLC KQ-330, Arduino Uno, MicroSD-Card Adapter, dan LCD. Instrumen ini diuji dengan berbagai jarak untuk melihat konsistensi dan keakuratan deteksi fase.
5. **Pengujian Sistem:** Pengujian dilakukan di laboratorium dengan tiga skenario jarak (dekat, sedang, jauh) untuk melihat akurasi deteksi fase. Setiap titik diuji dengan minimal lima kali pengukuran, yang hasilnya dicatat secara otomatis pada MicroSD-Card.
6. **Analisis Data:** Data yang terkumpul dianalisis menggunakan pendekatan statistik deskriptif untuk mengevaluasi tingkat akurasi dan keandalan sistem. Setiap hasil uji dibandingkan dengan sinyal fase referensi untuk memastikan bahwa hasil deteksi sesuai dengan kondisi aktual.
7. **Referensi dan Dukungan Teoritis:** Penjelasan tiap tahapan didukung oleh referensi dari literatur terdahulu mengenai penggunaan PLC dalam komunikasi data dan efisiensi sistem penyimpanan otomatis. Hal ini memberikan dasar ilmiah yang kokoh bagi hasil yang diperoleh.

Dengan prosedur di atas, penelitian ini memastikan setiap tahapan dilakukan dengan metodologi yang tepat, sehingga hasil yang diperoleh dapat diandalkan dan memberikan kontribusi bagi perkembangan sistem deteksi fase pada jaringan tegangan rendah.

3.3 Skematik Modul

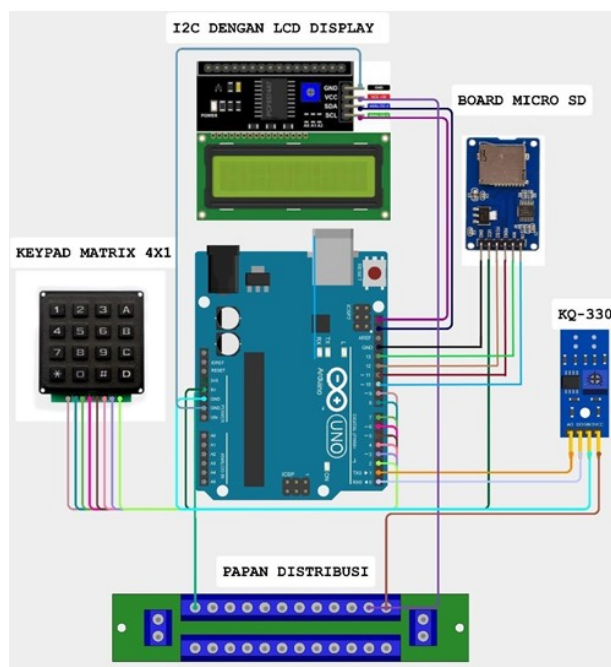
Modul Transmitter berperan sebagai komponen utama yang mentransmisikan data fase ke tiap fase dalam jaringan listrik sesuai dengan referensi dan identifikasi fase yang ditetapkan. Modul ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu satu unit papan prosesor yang menggunakan Arduino Nano, tiga unit modul Power Line Carrier (PLC) KQ-330 yang dipasang di setiap fase jaringan listrik, serta catu daya untuk mensuplai energi. Dalam sistem ini, papan prosesor berfungsi menghasilkan dan mengirim data identitas fase yang sesuai ke tiap fase dalam jaringan. Modul Power Line Carrier (PLC) KQ-330 berfungsi mengubah informasi digital menjadi sinyal yang dapat disalurkan melalui jaringan listrik, memungkinkan identitas fase dari prosesor dikirimkan ke modul penerima (Slave) melalui jaringan listrik tegangan rendah.



GAMBAR 3.3. WIRING DIAGRAM MODUL TRANSMITTER (MASTER)

3.1. Modul Receiver (Slave)

Modul Receiver (Slave) adalah perangkat bergerak yang dibawa ke lokasi pelanggan untuk mendeteksi fase listrik. Perangkat ini menerima sinyal fase referensi yang dikirim dari Master melalui jaringan listrik dan ditangkap oleh modul Power Line Carrier (PLC), kemudian diteruskan ke papan prosesor. Data yang diterima oleh prosesor dikonversi menjadi karakter fase yang terdeteksi. Dalam pengoperasiannya, perangkat ini dirancang agar hasil deteksi fase dapat ditampilkan pada LCD Display, di mana operator juga dapat memasukkan ID Pelanggan PLN sebagai identitas pelanggan. Setelah itu, data fase dan ID pelanggan disimpan dalam kartu SD untuk pencatatan lebih lanjut.

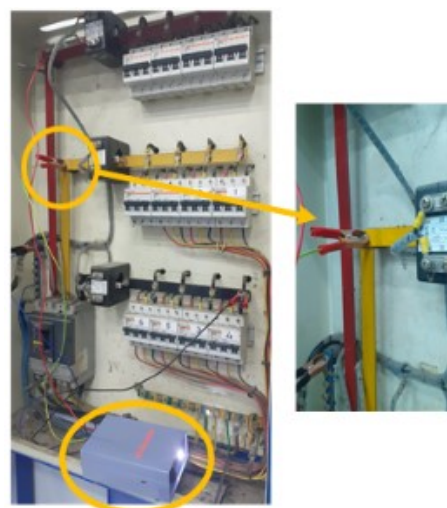


GAMBAR 3.4. WIRING DIAGRAM MODUL RECEIVER (SLAVE)

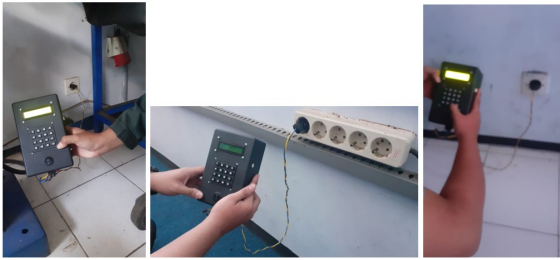
4. Pengujian Alat

4.1 Metode Pengujian Alat

Pengujian perangkat detektor fase ini dilaksanakan di Gedung AK (Bengkel Listrik), dengan pengambilan data difokuskan pada keakuratan deteksi fase dalam satu sub-panel yang menggunakan sumber daya listrik 3-fase. Unit Master ditempatkan di Sub-Panel, di mana kabel sensor berwarna merah pada modul dihubungkan ke Busbar fase R (busbar merah), dan kabel hitam disambungkan ke terminal Netral. Koneksi pada unit Master ini digunakan sebagai Referensi Fase. Pemasangan unit Master ditunjukkan pada gambar di bawah ini



GAMBAR 4.1. SAMBUNGAN UNIT MASTER PADA SUB-PANEL



GAMBAR 4.2. PENDETEKSIAN PHASA

Unit slave dapat dipindahkan oleh operator dari meja satu ke meja lainnya dalam ruangan yang sama, atau ke ruangan lain, dengan cara mencolokkan steker dari modul receiver slave ke stop kontak yang telah terdeteksi. Langkah-langkah ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.

4.2 Hasil Pengujian Alat

Pengujian Pengujian perangkat Pendeteksi Fase Pelanggan Tegangan Rendah yang dilengkapi dengan penyimpanan data pada kartu MikroSD bertujuan untuk mengevaluasi akurasi pendeteksian fase serta kesesuaian hasil penyimpanan data dengan data entry. Data pengujian diambil dari dua kelompok obyek: pertama, di dalam ruangan yang dilakukan di Lab Desain Instalasi dengan pengujian pada stop kontak di meja kerja, sementara Modul Transmitter (Master) ditempatkan pada sub-panel Lab Desain. Obyek kedua adalah pengujian di Gedung AK, di mana Modul Transmitter (Master) dipasang pada Panel Utama Gedung AK dan pengujian dilakukan pada stop kontak di berbagai ruangan di Gedung AK untuk menguji hasil pada jarak yang lebih jauh. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali per titik uji.

Berdasarkan hasil uji, analisis dilakukan menurut jarak. Pada meja 1 dengan panjang kabel dari sub-panel Lab Desain sekitar ±12 meter, daya terdeteksi sebagai fase R yang ditampilkan pada LCD di modul Slave. ID pelanggan yang di-entry melalui keypad, yaitu 198746358496, ditampilkan seperti pada gambar di bawah ini. Dengan menekan tombol #, data tersebut disimpan pada kartu MikroSD.



GAMBAR 4.9. DISPLAY PHASE DETECTION

Untuk pendeteksian yang dilakukan pada suplay daya meja 4 yang lokasinya berjarak ±8m dari sub-Panel, data hasil percobaan menunjukkan bahwa fasa yang terdeteksi adalah Fasa S dan dengan entry IP (ID Pel)

456789123411. Dan setelah dicek pada hasil penyimpanan data di MikroSD Card menunjukkan data sebagai berikut :

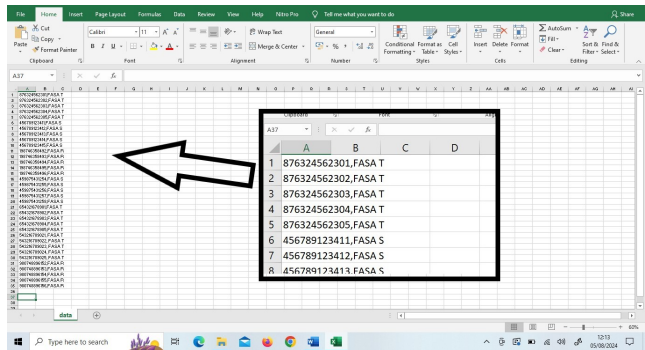
456789123411,FASA S

Pada pengujian dengan jarak pendek (dalam ruangan yang sama), hasil yang diperoleh sangat memuaskan, fase dapat terdeteksi dengan cepat, dan data tersimpan sesuai format yang diharapkan dalam database. Sebaliknya, pada pengujian jarak jauh dengan penempatan modul master di panel utama Gedung AK dan modul slave di Lab Pengukuran dengan perkiraan panjang kabel ±60 meter, hasil yang diperoleh tetap baik. Pada percobaan dengan jarak penghantar sekitar ±100 meter antara Panel Utama Gedung AK ke Bengkel Mekanik dan ruang Lab Kontrol AK1.13, pendeteksian fase membutuhkan waktu yang relatif lebih lama (sekitar 8 detik), tetapi data hasil deteksi tetap tersimpan dengan benar.

TABEL 4.1. DATA HASIL PERCOBAAN

No	Lokasi Master	Lokasi Slave	Percobaan ke	Jarak (m)	Fasa Terdeteksi	Waktu Pendeteksian (detik)	ID PEL	DataBase (.csv)	STATUS PENYIMPANAN
1			1	5	Phasa T	3	876324562301	876324562301,FASA T	Benar
2	Sub Panel Lab. Desain	Lab. Desain Meja 06	2	5	Phasa T	3	876324562302	876324562302,FASA T	Benar
3			3	5	Phasa T	3	876324562303	876324562303,FASA T	Benar
4			4	5	Phasa T	3	876324562304	876324562304,FASA T	Benar
5			5	5	Phasa T	3	876324562305	876324562305,FASA T	Benar
6			1	8	Phasa S	3	456789123411	456789123411,FASA S	Benar
7	Sub Panel Lab. Desain	Lab. Desain Meja 04	2	8	Phasa S	3	456789123412	456789123412,FASA S	Benar
8			3	8	Phasa S	3	456789123413	456789123413,FASA S	Benar
9			4	8	Phasa S	3	456789123414	456789123414,FASA S	Benar
10			5	8	Phasa S	3	456789123415	456789123415,FASA S	Benar
11	Sub Panel Lab. Desain	Lab. Desain Meja 01	1	12	Phasa R	3	198746358492	198746358492,FASA R	Benar
12			2	12	Phasa R	3	198746358493	198746358493,FASA R	Benar
13			3	12	Phasa R	3	198746358494	198746358494,FASA R	Benar
14			4	12	Phasa R	3	198746358495	198746358495,FASA R	Benar
15			5	12	Phasa R	3	198746358496	198746358496,FASA R	Benar
16	Panel Utama Gedung AK	Lab. Pengukuran	1	40	Phasa S	6	459875431254	459875431254,FASA S	Benar
17			2	40	Phasa S	6	459875431255	459875431255,FASA S	Benar
18			3	40	Phasa S	6	459875431256	459875431256,FASA S	Benar
19			4	40	Phasa S	6	459875431257	459875431257,FASA S	Benar
20			5	40	Phasa S	6	459875431258	459875431258,FASA S	Benar
21	Panel Utama Gedung AK	Lab. Desain Meja 06	1	60	Phasa T	4	654321678901	654321678901,FASA T	Benar
22			2	60	Phasa T	4	654321678902	654321678902,FASA T	Benar
23			3	60	Phasa T	4	654321678903	654321678903,FASA T	Benar
24			4	60	Phasa T	4	654321678904	654321678904,FASA T	Benar
25			5	60	Phasa T	4	654321678905	654321678905,FASA T	Benar
26	Panel Utama Gedung AK	Bengkel Mekanik Meja 5	1	100	Phasa T	8	543216789021	543216789021,FASA T	Benar
27			2	100	Phasa T	8	543216789022	543216789022,FASA T	Benar
28			3	100	Phasa T	8	543216789023	543216789023,FASA T	Benar
29			4	100	Phasa T	8	543216789024	543216789024,FASA T	Benar
30			5	100	Phasa T	8	543216789025	543216789025,FASA T	Benar
26	Panel Utama Gedung AK	AK1.13 Lab. Kontrol	1	100	Phasa R	8	980748896153	980748896153,FASA R	Benar
27			2	100	Phasa R	8	980748896154	980748896154,FASA R	Benar
28			3	100	Phasa R	8	980748896154	980748896154,FASA R	Benar
29			4	100	Phasa R	8	980748896155	980748896155,FASA R	Benar
30			5	100	Phasa R	8	980748896156	980748896156,FASA R	Benar

Dan database hasil pendeteksian yang tersimpan di MikroSD Card dalam bentuk file csv dapat ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



GAMBAR 4.10. TAMPILAN HASIL PENDETEKSIAN PHASA DALAM BENTUK CSV.

Hasil pengujian pada alat Pendeteksi Fase Pelanggan Tegangan Rendah yang dilengkapi kartu MikroSD menunjukkan

bahwa fungsi pendeteksian fase dan penyimpanan data bekerja dengan sangat baik. Meski demikian, dalam pengujian dengan jarak yang lebih jauh (menggunakan penghantar panjang), waktu deteksi terkadang lebih lama, yang kemungkinan besar disebabkan oleh kualitas sambungan pada sepanjang penghantar tersebut.

Format database yang mengintegrasikan hasil deteksi fase dengan nomor identitas pelanggan (ID PEL) terbukti mampu membantu operator dalam mengurangi kemungkinan kesalahan dalam memasukkan data. Jika kualitas sambungan kurang baik, hal ini dapat menyebabkan gangguan (noise) yang memperlambat proses deteksi atau bahkan memicu kegagalan dalam mendeteksi fase.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian peralatan hasil rancang bangun sistem penyimpanan data pada pendeteksi fasa pelanggan tegangan rendah, dengan menggunakan *Power Line Carrier (PLC)* sebagai Media Pendeteksi Fasa, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem penyimpanan data ke MikroSD Card pada alat Pendeteksi Fasa pada pelanggan tegangan rendah dengan media *Power Line Carrier (PLC)* dapat berfungsi dengan baik.
2. Format database hasil pendeteksian fasa pelanggan yang dikombinasikan dengan Identitas Pelanggan (ID Pel) sangat membantu pengguna untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *human error* dalam entry data.

30-40, Nov. 2022.

- [9] D. Rahmawati, N. S. Fajar, and S. Sabar, "Long Range Electricity Control System for Post-Paid Electricity Meter with Power Line Carrier Communication," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 4, pp. 140-150, Oct. 2022.
- [11] S. Hidayatullah, A. Andang, and F. Maulana, "Penerangan jalan umum pintar dengan kendali power line carrier berbasis Internet of Things," *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, vol. 2, no. 1, pp. 15-25, Mar. 2022.
- [12] G. Wibisono, M. H. Sukoco, and K. Nugroho, "Studi Implementasi Komunikasi Data Menggunakan Power Line Communication di Kampus ITTP," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, vol. 8, no. 1, pp. 55-65, 2021.
- [13] N. A. Utami, B. Prasetya, and R. Mayasari, "Perancangan dan Implementasi Power Line Communication Menggunakan Power Line Adapter dengan Teknik Modulasi OFDM," *e-Proceeding of Engineering Universitas Telkom*, vol. 8, no. 2, pp. 100-110, Apr. 2021.
- [14] M. Fajri and Risfendra, "Sistem Pengukuran dan Pengiriman Data Arus Listrik menggunakan Power Line Carrier," *Jurnal Teknik Elektro Indonesia Universitas Negeri Padang*, vol. 1, no. 2, pp. 35-45, 2020.
- [15] M. F. Akram, Y. A. R. Ilyas, and A. S. Khan, "Power quality enhancement using optimized active filters in a high-rise building," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 36, no. 11, pp. 13372-13382, Nov. 2021.

Referensi

- [1] R. L. Boylestad, *Introductory Circuit Analysis*, 10th ed., Pearson Education.
- [2] T. Gonen, *Electric Power Distribution Engineering*, 3rd ed., CRC Press, USA, 2014.
- [3] P. Horowitz and W. Hill, *The Art of Electronics*, 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1994, ISBN: 0-521-37095-7.
- [4] W. L. Jati, K. W. Humaidillah, E. Indahwati, Y. Nando, and I. U. Ulhaq, *Modul Belajar Arduino Uno*, LPPM UNHASY, Jombang, Feb. 2019.
- [5] J. S. Setiadji, T. Machmudsyah, and Y. Isnanto, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 1-10, Mar. 2006.
- [6] R. Efendi, D. Ahad, B. Ahad, A. Tando, H. Herlina, and W. L. Padang, "Rancang Bangun data Logger Thermocouple Berbasis Arduino Mega 2560 Skala Laboratorium," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 150-160, Oct. 2023.
- [7] F. A. Hartono, A. N. Abdullah, S. Sehad, S. Sugito, and S. P. R. S. Simon, "Rancang bangun data logger berbasis Arduino sebagai penyimpan data," *Jurnal Teras Fisika*, vol. 5, no. 2, pp. 80-90, Sep. 2022.
- [8] F. A. A. Pratama, I. B. G. Dwidasmara, and C. R. A. Pramarta, "Pengembangan Sistem Informasi Data Pelanggan pada PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Mengwi," *Jurnal Pengabdian Informatika*, vol. 1, no. 1, pp.