

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PARAMETER LISTRIK
PERCOBAAN MOTOR DC BERBASIS HMI DI LABORATORIUM KONVERSI
ENERGI POLITEKNIK NEGERI MANADO**

Hizkia Karel Posumah¹, Nadia Natasya Mandagi², Sandy Christania Tangon³,
Ventje M. A. Lumentut⁴, Stepby Beatrix Walukow⁵

^{1,2,3,4,5} Politeknik Negeri Manado

¹hiskiaposumah9@gmail.com, ²mandaginadia18@gmail.com,
³christaniatangon@gmail.com, ⁴ventjema.lumentut@gmail.com,
⁵stephywalukow@elektro.polimdo.ac.id

ABSTRACT

The use of conventional measuring instruments in DC motor experiment activities at the laboratory requires a high degree of manual reading precision and has been unable to present integrated information within a unified monitoring platform. This study aims to design and construct an HMI-based electrical parameter monitoring system for DC motor experiments at the Energy Conversion Laboratory of Politeknik Negeri Manado. The developed system integrates a PZEM-017 DC sensor as the measurement device, an Omron CP1E PLC as the central data processor, and an HMI touchscreen as the user visualization medium. RS485 communication with the Modbus RTU protocol is employed between the PZEM-017 sensor and the PLC via the CP1W-CIF11 module, while RS232 via the CP1W-CIF01 module interconnects the PLC with the HMI. The DC motor is supplied with 165 V DC from a variable DC power supply, and loading is performed using one, two, and three indicator lamps, with the three-lamp condition serving as the principal measurement scenario at the DC motor terminals. The monitored electrical parameters encompass voltage, current, and power, all displayed in real-time on the HMI screen. Experimental results demonstrated that the average measurement error for voltage was 0.31%, current was 1.37%, and power was 0.52% relative to a reference digital multimeter. The average HMI response time recorded was 127 ms. This monitoring system is expected to enhance the effectiveness of DC motor practicum activities and support the development of automation-based laboratory facilities.

Keywords: DC Motor, Monitoring System, PLC, HMI, PZEM-017

ABSTRAK

Penggunaan alat ukur konvensional dalam kegiatan praktikum percobaan motor DC di laboratorium memerlukan ketelitian tinggi dalam pembacaan data secara manual dan belum mampu menyajikan informasi secara terintegrasi dalam satu sistem pemantauan yang terpadu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring parameter listrik percobaan motor DC berbasis HMI di Laboratorium Konversi Energi Politeknik Negeri Manado. Sistem yang dibangun mengintegrasikan sensor PZEM-017 DC sebagai perangkat pengukur, PLC Omron CP1E sebagai unit pengolah data terpusat, dan HMI layar sentuh sebagai media visualisasi pengguna. Antarmuka RS485 dengan protokol Modbus RTU dimanfaatkan untuk jalur komunikasi antara sensor PZEM-017 dan PLC melalui

modul CP1W-CIF11, sedangkan RS232 melalui modul CP1W-CIF01 menghubungkan PLC dengan HMI. Motor DC disuplai dengan tegangan 165 V DC dari catu daya DC variabel, dengan pembebanan menggunakan satu, dua, dan tiga lampu indikator, di mana kondisi tiga lampu menjadi skenario utama pengukuran pada terminal motor DC. Parameter listrik yang dipantau meliputi tegangan, arus, dan daya yang ditampilkan secara real-time pada layar HMI. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata persentase kesalahan pengukuran tegangan 0,31%, arus 1,37%, dan daya 0,52% terhadap multimeter digital referensi, dengan rata-rata waktu respons HMI 127 ms. Sistem monitoring ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas kegiatan praktikum motor DC serta mendukung modernisasi fasilitas laboratorium.

Kata Kunci: Motor DC, Sistem Monitoring, PLC, HMI, PZEM-017

A. Pendahuluan

Kemajuan teknologi pada ranah sistem tenaga listrik dan otomasi industri terus mendorong implementasi sistem pemantauan yang presisi, efisien, dan mampu menyajikan data secara daring (real-time). Di lingkungan akademik, terutama pada program studi teknik elektro, kegiatan praktikum memegang peranan strategis dalam memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap prinsip kerja dan karakteristik peralatan listrik. Salah satu komponen yang kerap menjadi

objek pengamatan dalam kegiatan praktikum di laboratorium adalah motor arus searah atau motor DC (Chapman, 2012).

Motor DC banyak dimanfaatkan baik dalam sektor industri maupun lingkungan pendidikan, terutama karena karakteristiknya yang relatif

mudah dipelajari dan sederhana untuk dianalisis (Hughes & Drury, 2013). Di Laboratorium Konversi Energi Politeknik Negeri Manado, motor DC difungsikan sebagai media pembelajaran untuk mengkaji korelasi antara tegangan masukan, arus beban, dan daya keluaran terhadap kinerja mekanis motor. Namun demikian, proses pengukuran parameter listrik pada percobaan tersebut masih dilaksanakan secara konvensional menggunakan voltmeter dan amperemeter yang terpisah, sehingga rentan terhadap kesalahan paralaks dan tidak mampu menghadirkan informasi terintegrasi dalam satu antarmuka pemantauan yang terpadu.

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi otomasi, pemanfaatan Programmable Logic Controller (PLC) dan Human Machine

Interface (HMI) telah terbukti menjadi solusi unggulan dalam pengembangan sistem pemantauan peralatan listrik (Bolton, 2015). PLC berperan sebagai unit pemroses data dari sensor, sementara HMI berfungsi sebagai media visualisasi real-time. Integrasi kedua komponen ini memungkinkan pemantauan kondisi kerja motor DC dilakukan dengan lebih praktis, sistematis, dan mudah dipahami pengguna (Petruszella, 2017).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengeksplorasi pengembangan sistem monitoring berbasis PLC dan HMI untuk aplikasi motor listrik. Firmansyah et al. (2022) berhasil mengembangkan sistem pemantauan real-time untuk parameter listrik motor DC menggunakan PLC dan HMI touchscreen dengan tingkat akurasi yang memadai. Nugroho et al. (2021) mengembangkan sistem akuisisi data parameter listrik menggunakan sensor PZEM-017 yang dikombinasikan dengan protokol Modbus RTU. Penelitian-penelitian tersebut menegaskan urgensi pengembangan infrastruktur monitoring berbasis otomasi di lingkungan laboratorium pendidikan teknik elektro.

Berlandaskan uraian permasalahan tersebut, penelitian ini dilaksanakan untuk merancang dan membangun sistem monitoring parameter listrik motor DC yang terintegrasi berbasis teknologi otomasi, difokuskan pada pemantauan tegangan, arus, dan daya secara real-time, serta dilengkapi fitur pengoperasian motor ON/OFF melalui antarmuka HMI guna mendukung efektivitas kegiatan praktikum di Politeknik Negeri Manado.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, selama empat bulan dari Maret hingga Juni 2026. Pendekatan yang digunakan adalah metode penelitian terapan (applied research) dengan strategi rancang bangun (engineering design), mencakup tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian sistem secara terpadu.

Studi Literatur dan Observasi

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan referensi teoritis terkait sistem monitoring motor DC,

teknologi PLC dan HMI, sensor PZEM-017, serta protokol komunikasi Modbus RTU. Observasi lapangan dilaksanakan di laboratorium untuk mengidentifikasi kondisi existing sistem pengukuran dan kebutuhan pengembangannya.

Perancangan Sistem

Arsitektur sistem menempatkan sensor PZEM-017 DC sebagai perangkat akuisisi data, PLC Omron CP1E sebagai pengolah data terpusat, dan HMI sebagai media interaksi pengguna. Komunikasi PZEM-017–PLC menggunakan RS485 melalui modul CP1W-CIF11 dengan protokol Modbus RTU pada baud rate 9600 bps, 8 bit data, no parity, 1 stop bit. Komunikasi PLC–HMI menggunakan RS232 melalui modul CP1W-CIF01 dengan konfigurasi serupa.

Implementasi

Implementasi dilakukan pada papan trainer berukuran 60 × 90 cm. Komponen utama meliputi HMI layar sentuh Weintek, PLC Omron CP1E, catu daya DC variabel sebagai sumber 165 V DC, catu daya 24 VDC untuk suplai HMI, sensor PZEM-017 DC, MCB DC sebagai pengaman rangkaian daya motor, dua unit SSR

DC (CNC SSR-400D) yang masing-masing berfungsi sebagai pengendali catu daya variabel ke motor dan sebagai pengendali fitting lampu indikator, fitting lampu sebagai indikator visual status pengoperasian, serta Motor DC 1 dan Motor DC 2 yang terkopel secara mekanis. Pemrograman PLC dikerjakan menggunakan CX-Programmer dalam bahasa ladder diagram, mencakup pembacaan register Modbus, konversi nilai ke satuan fisik, pengiriman data ke HMI, serta logika kontrol motor ON/OFF. Desain tampilan HMI dikerjakan menggunakan NB-Designer.

Pengujian dan Analisis Data

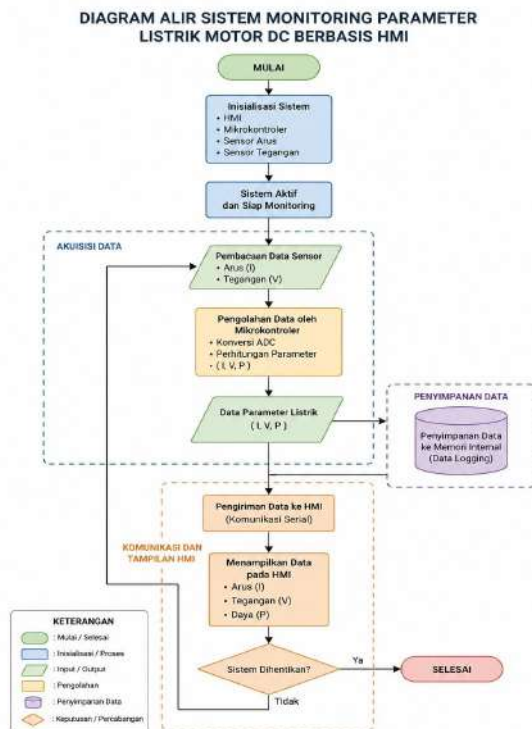
Pengujian dilaksanakan pada empat skenario pembebanan motor DC yang disuplai dengan tegangan 165 V DC dari catu daya variabel: kondisi tanpa beban, pembebanan dengan 1 lampu, 2 lampu, dan 3 lampu. Skenario tiga lampu ditetapkan sebagai kondisi utama pengukuran parameter listrik pada terminal motor DC karena merepresentasikan beban tertinggi yang diuji dalam penelitian ini. Validasi akurasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan PZEM-017 pada HMI terhadap nilai referensi

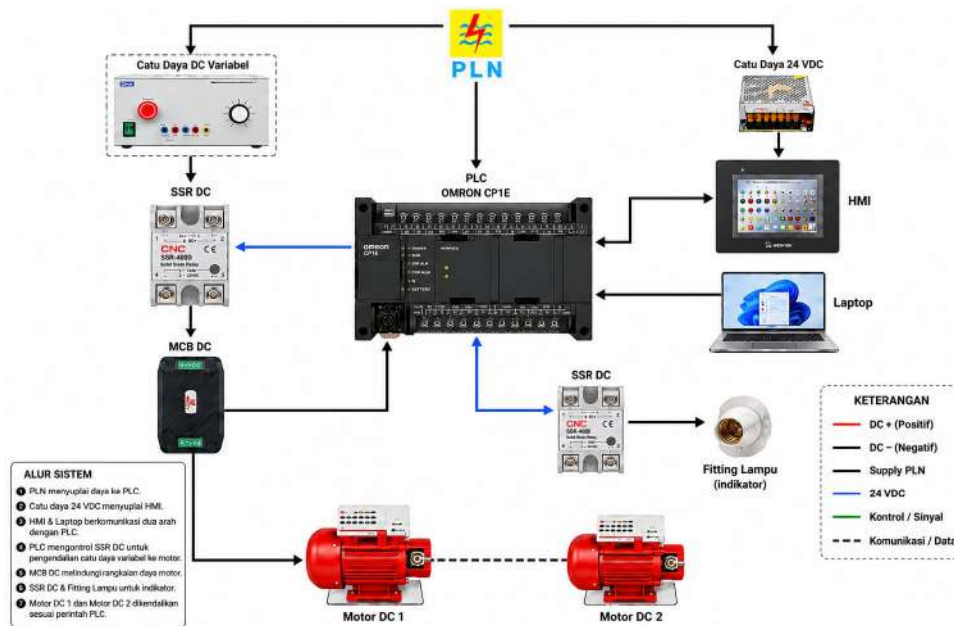
multimeter digital Fluke 179.
 Persentase kesalahan dihitung
 dengan:

**Gambar 1. Diagram Alir Sistem
 Monitoring Parameter Listrik Motor
 DC Berbasis HMI**

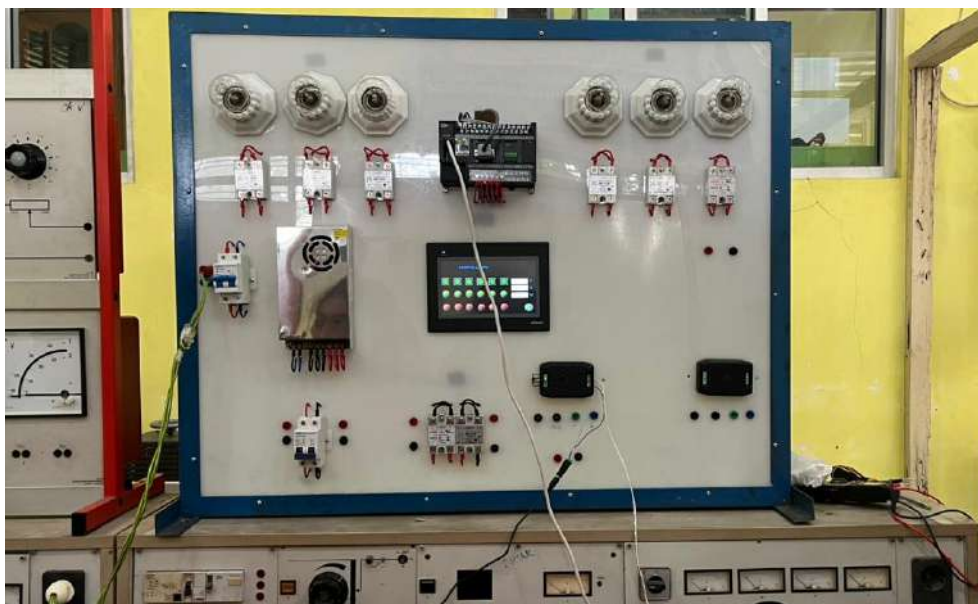
$$\text{Error (\%)} = \frac{|\text{Nilai Referensi} - \text{Nilai PZEM}|}{\text{Nilai Referensi}} \times 100\%$$

Pengujian waktu respons dilakukan dengan mencatat selang waktu antara perubahan kondisi beban dan pemutakhiran tampilan HMI menggunakan stopwatch digital resolusi 1 ms, diulang sepuluh kali untuk masing-masing parameter yang dipantau.





Gambar 2. Diagram Rangkaian Sistem Monitoring Parameter Listrik Motor DC



Gambar 3. Desain Papan Trainer Praktikum Motor DC

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Sistem monitoring yang telah dirancang dan dibangun terdiri dari

rangkaihan terpadu antara sensor PZEM-017, PLC Omron

CP1E, dan HMI yang saling terhubung melalui komunikasi serial RS485 dan RS232. Papan trainer berukuran 60 cm × 90 cm dengan tata letak komponen ergonomis berhasil diimplementasikan. Tampilan HMI menampilkan tegangan (V), arus (A), dan daya (W) secara real-time disertai tombol virtual ON/OFF dan indikator status sistem. Konfigurasi Modbus RTU berhasil diimplementasikan dengan alamat slave PZEM-017 pada ID 0x01 dan Function Code 0x04.

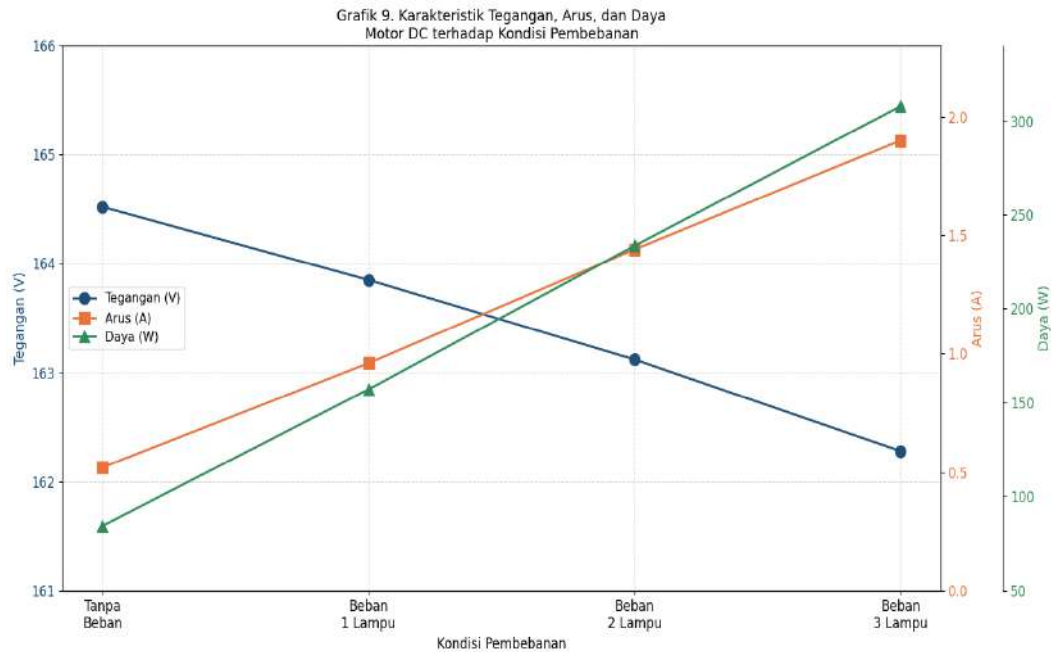
Karakteristik Parameter Listrik Motor DC

Grafik 9 menampilkan karakteristik keseluruhan tegangan, arus, dan daya motor DC yang diukur oleh PZEM-017 pada berbagai kondisi pembebanan dengan lampu indikator (1 lampu, 2 lampu, dan 3 lampu) pada suplai tegangan 165 V DC. Terlihat

bahwa tegangan terminal motor menurun secara linier seiring meningkatnya beban, sedangkan arus dan daya meningkat secara proporsional, selaras dengan teori karakteristik motor DC (Chapman, 2012).

Secara singkat dan jelas uraikan hasil yang diperoleh dan dilengkapi dengan pembahasan yang mengupas tentang hasil yang telah didapatkan dengan teori pendukung yang digunakan.

Adapun tata cara penulisan tabel adalah sebagai berikut : Judul table ditulis rata tengah, ukuran huruf pada table adalah 10 *point*, dengan syarat tambahan tidak boleh ada garis ke atas pada table, dan judul rincian masing-masing table ditekankan, untuk lebih memperjelas kami gambarkan sebagai berikut :



Grafik 9. Karakteristik Tegangan, Arus, dan Daya Motor DC terhadap Kondisi Pembebanan

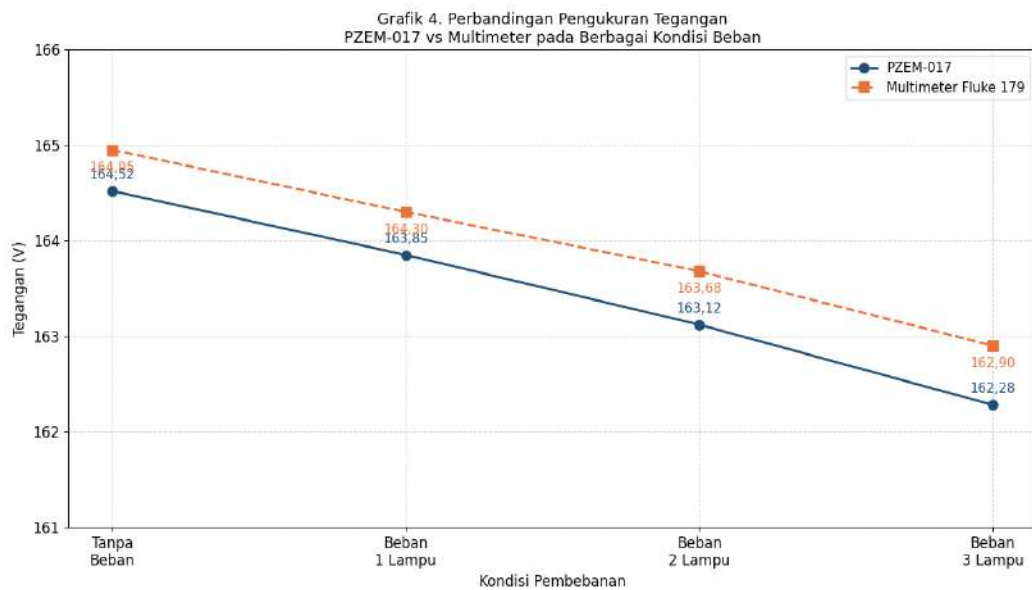
Hasil Pengujian Akurasi Pengukuran

Pengujian dilakukan pada empat tingkatan pembebanan motor DC dengan tegangan suplai 165 V

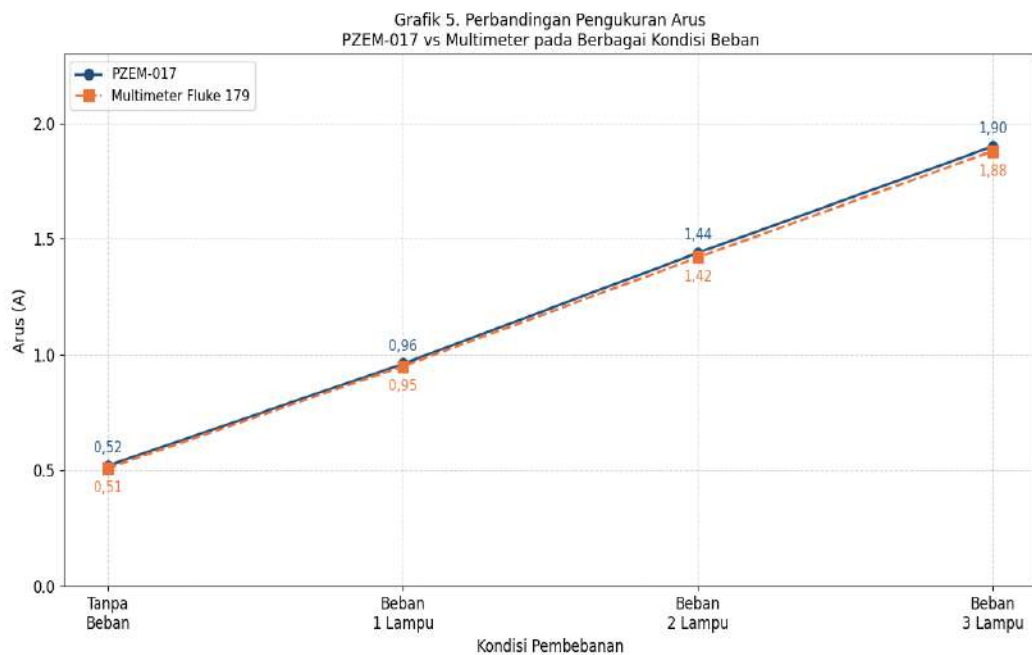
DC, yaitu kondisi tanpa beban, beban 1 lampu, 2 lampu, dan 3 lampu. Perbandingan nilai pembacaan PZEM-017 yang ditampilkan pada HMI terhadap nilai referensi multimeter Fluke 179 disajikan pada Tabel 1 dan Grafik 4–6 berikut.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Pengukuran Parameter Listrik Motor DC

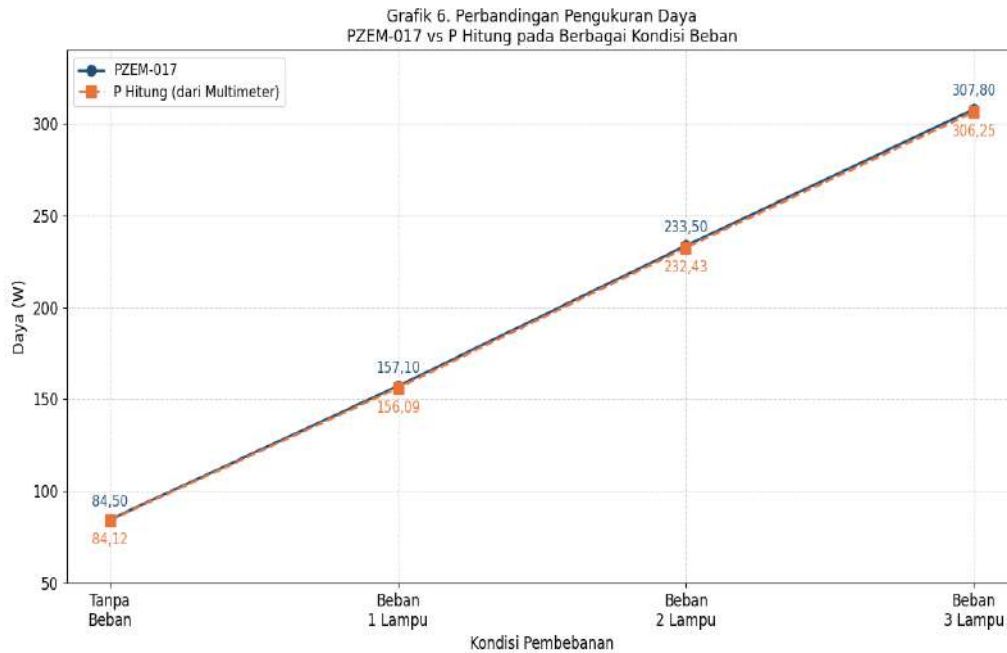
Kondisi Beban	V PZEM (V)	V Meter (V)	I PZEM (A)	I Meter (A)	P PZEM (W)	P Hitung (W)
Tanpa Beban	164,52	164,95	0,52	0,51	84,50	84,12
Beban 1 Lampu	163,85	164,30	0,96	0,95	157,10	156,09
Beban 2 Lampu	163,12	163,68	1,44	1,42	233,50	232,43
Beban 3 Lampu	162,28	162,90	1,90	1,88	307,80	306,25



Grafik 4. Perbandingan Pengukuran Tegangan PZEM-017 vs Multimeter pada Berbagai Kondisi Beban



Grafik 5. Perbandingan Pengukuran Arus PZEM-017 vs Multimeter pada Berbagai Kondisi Beban



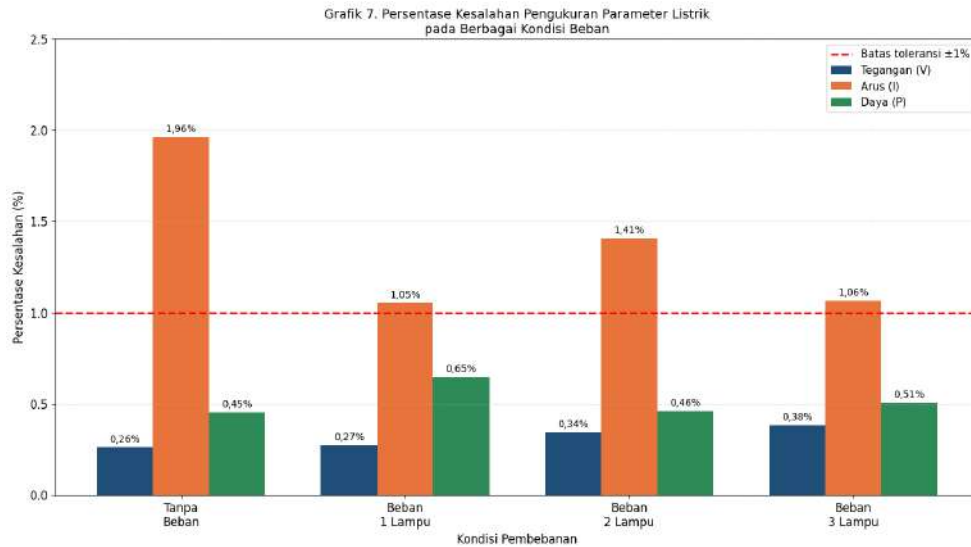
Grafik 6. Perbandingan Pengukuran Daya PZEM-017 vs P Hitung pada Berbagai Kondisi Beban

Berdasarkan Tabel 1 dan Grafik 4–6, nilai tegangan yang terukur oleh sistem PZEM-017 pada terminal motor DC menunjukkan tren penurunan seiring meningkatnya beban, dari 164,52 V pada kondisi tanpa beban hingga 162,28 V pada kondisi beban 3 lampu. Nilai arus meningkat secara proporsional dari 0,52 A hingga 1,90 A, sedangkan daya aktif yang dihitung PZEM-017

menunjukkan kesesuaian baik terhadap nilai perhitungan dari data multimeter referensi. Kondisi 3 lampu yang menjadi skenario utama pengukuran motor DC menghasilkan pembacaan daya tertinggi sebesar 307,80 W pada PZEM-017, dengan tegangan suplai 165 V DC dari catu daya variabel. Rekapitulasi persentase kesalahan disajikan pada Tabel 2 dan Grafik 7.

Tabel 2. Rekapitulasi Persentase Kesalahan Pengukuran

Parameter	Error Rata-rata (%)	Error Maks (%)	Error Min (%)	Std. Deviasi
Tegangan (V)	0,31	0,38	0,26	0,06
Arus (I)	1,37	1,96	1,05	0,43
Daya (P)	0,52	0,65	0,45	0,09



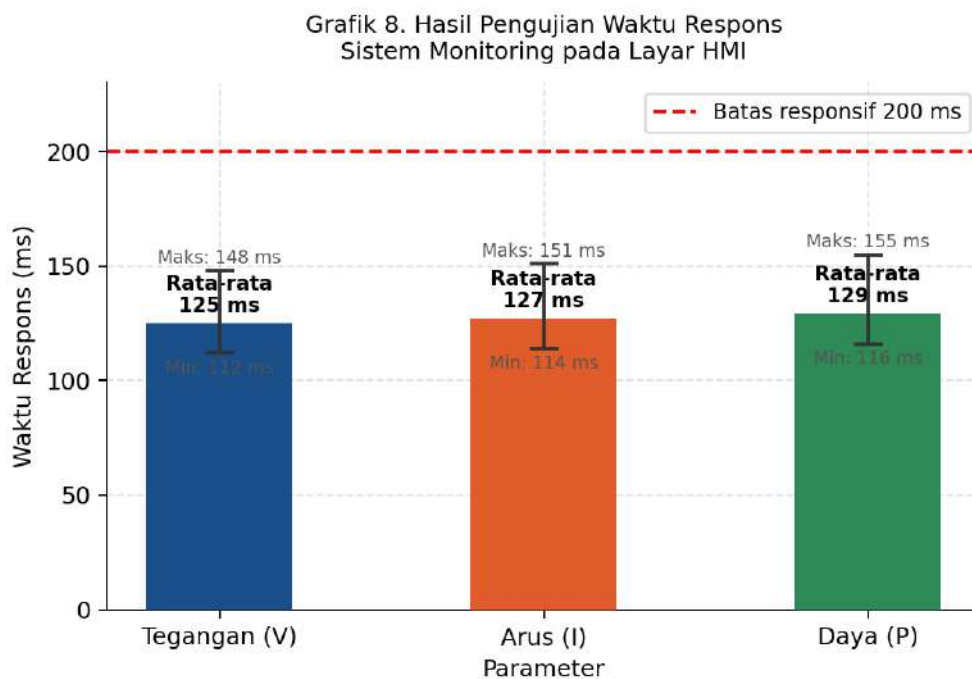
Grafik 7. Persentase Kesalahan Pengukuran Parameter Listrik pada Berbagai Kondisi Beban

Berdasarkan Tabel 2 dan Grafik 7, rata-rata kesalahan pengukuran tegangan (0,31%) dan daya (0,52%) berada di bawah batas toleransi spesifikasi sensor PZEM-017 sebesar $\pm 1\%$ (PEACEFAIR Technology, 2021). Garis merah putus-putus pada Grafik 7 menunjukkan batas toleransi $\pm 1\%$, dan dapat diamati bahwa rata-rata kesalahan pengukuran arus (1,37%) sedikit melewati batas tersebut, dengan nilai tertinggi pada kondisi tanpa beban sebesar 1,96%. Kesalahan arus yang relatif lebih tinggi

terutama pada kondisi arus rendah disebabkan oleh sensitivitas shunt eksternal terhadap variasi temperatur dan ketidakidealan kalibrasi awal pada rentang arus rendah; pada kondisi pembebanan 3 lampu yang menjadi skenario utama pengukuran motor DC, kesalahan arus hanya 1,06% dan kesalahan daya 0,51%, menunjukkan akurasi yang sangat baik pada area kerja motor DC. Hasil pengujian waktu respons HMI disajikan pada Tabel 3 dan Grafik 8.

Tabel 3. Hasil Pengujian Waktu Respons Sistem Monitoring HMI

Parameter	Respons Rata-rata (ms)	Respons Maks (ms)	Respons Min (ms)	n
Tegangan (V)	125	148	112	10
Arus (I)	127	151	114	10
Daya (P)	129	155	116	10



Grafik 8. Hasil Pengujian Waktu Respons Sistem Monitoring pada Layar HMI

Pembahasan

Dari Tabel 3 dan Grafik 8 diketahui bahwa rata-rata waktu respons sistem monitoring berkisar antara 125–129 ms untuk ketiga parameter. Waktu respons ini sangat memadai untuk kegiatan praktikum. Setiawan dan Taufik (2019) menyatakan bahwa waktu respons HMI di bawah 200 ms sudah tergolong

responsif untuk sistem monitoring laboratorium; garis batas 200 ms pada Grafik 8 mempertegas bahwa seluruh hasil pengujian berada jauh di bawah ambang tersebut.

Dibandingkan dengan metode konvensional menggunakan voltmeter dan amperemeter terpisah, sistem yang dikembangkan menawarkan beberapa keunggulan. Seluruh

parameter listrik dipantau secara simultan dalam satu tampilan terintegrasi, mereduksi durasi pengambilan data praktikum. Fitur ON/OFF motor melalui HMI meningkatkan keselamatan kerja di laboratorium. Data yang ditampilkan bebas dari kesalahan paralaks yang umum terjadi pada instrumen analog (Widodo & Suherman, 2018).

Penggunaan protokol Modbus RTU melalui RS485 terbukti stabil dalam mentransmisikan data dari PZEM-017 ke PLC, selaras dengan temuan Nugroho et al. (2021). Ketahanan RS485 terhadap derau elektromagnetik yang lebih baik dibandingkan RS232 (Thomesse, 2005) turut berkontribusi terhadap kestabilan pembacaan sensor. Implementasi program ladder diagram pada PLC Omron CP1E berhasil menjalankan seluruh fungsi sistem secara terintegrasi, dan desain tampilan HMI yang informatif mempermudah mahasiswa dalam menginterpretasikan data hasil pengukuran (Prajapati & Mehta, 2019).

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring parameter listrik percobaan motor DC berbasis HMI berhasil dirancang dan dibangun menggunakan sensor PZEM-017 DC, PLC Omron CP1E, modul komunikasi CP1W-CIF01 dan CP1W-CIF11, serta HMI sebagai media visualisasi. Sistem mampu memantau dan menampilkan parameter tegangan, arus, dan daya motor DC secara real-time pada suplai 165 V DC dari catu daya variabel, dengan pengujian pembebanan menggunakan satu, dua, dan tiga lampu — di mana kondisi tiga lampu menjadi skenario utama pengukuran pada motor DC. Rata-rata persentase kesalahan tegangan tercatat 0,31%, arus 1,37%, dan daya 0,52% terhadap alat ukur referensi, serta rata-rata waktu respons HMI 127 ms. Implementasi sistem ini terbukti meningkatkan kemudahan, efisiensi, dan keselamatan pengambilan data pada kegiatan praktikum motor DC.

Sebagai rekomendasi pengembangan lebih lanjut, disarankan agar sistem dilengkapi

dengan fitur data logging ke media penyimpanan eksternal, serta integrasi monitoring jarak jauh berbasis ethernet atau komunikasi nirkabel (IoT) guna memperluas pemanfaatan dalam lingkungan pendidikan teknik elektro yang lebih modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, 9(3), 156–163.
<https://doi.org/10.22146/jnteti.v9i3.218>
- Bolton, W. (2015). Programmable logic controllers (6th ed.). Newnes/Elsevier.
- Chapman, S. J. (2012). Electric machinery fundamentals (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Firmansyah, E., Indriawati, K., & Yusuf, M. (2022). Real-time monitoring system for DC motor electrical parameters using PLC and touchscreen HMI. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 12(4), 3412–3421.
<https://doi.org/10.11591/ijece.v12i4.pp3412-3421>
- Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2014). Electric machinery (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hughes, A., & Drury, B. (2013). Electric motors and drives: Fundamentals, types, and applications (4th ed.). Newnes/Elsevier.
- Kusuma, H., Prasetyo, B., & Santoso, A. (2020). Rancang bangun sistem monitoring parameter motor DC berbasis SCADA untuk keperluan praktikum. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, 6(1), 1–10.
<https://doi.org/10.26555/jiteki.v6i1.15876>
- Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2003). Power electronics: Converters, applications, and design (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Nugroho, A., Suhardi, D., & Rahardja, I. (2021). Pengembangan sistem akuisisi data parameter listrik menggunakan sensor PZEM-017 dan protokol Modbus RTU. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 8(3), 567–576.
<https://doi.org/10.25126/jtiik.2021834248>
- Omron Corporation. (2020). CP1E CPU unit hardware user's manual. Omron Corporation.
- PEACEFAIR Technology. (2021). PZEM-017 DC energy meter user manual. PEACEFAIR Technology Co., Ltd.
- Petruszella, F. D. (2017). Programmable logic controllers (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Prajapati, V. K., & Mehta, R. J. (2019). Design and implementation of HMI-based DC motor

parameter monitoring and control system. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(11), 2324–2331.

<https://doi.org/10.35940/ijitee.K1981.0981119>

Rashid, M. H. (2014). *Power electronics handbook: Devices, circuits, and applications* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.

Setiawan, I., & Taufik, M. (2019). Implementasi sistem monitoring energi listrik berbasis PLC Omron dan HMI Weintek. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(2), 45–52.
<https://doi.org/10.26740/jte.v11n2.p45-52>

Sulasno. (2009). *Teknik dan sistem distribusi tenaga listrik*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

Thomesse, J. P. (2005). Fieldbus technology in industrial automation. *Proceedings of the IEEE*, 93(6), 1073–1101.
<https://doi.org/10.1109/JPROC.2005.849724>

Wardhana, L. (2014). *Belajar sendiri pemrograman PLC*. Penerbit Andi.

Badriyah, T., Sari, R. F., & Baskoro, A. S. (2020). Monitoring sistem kelistrikan laboratorium berbasis komunikasi Modbus menggunakan SCADA. *Jurnal*