

Prototipe *Integrated Power Meter & Automatic Power Factor Controller* untuk Optimalisasi Kualitas Daya Listrik

Bagus Pramono ^{*a}

^a Student of Departement Electrical Engineering, PGRI Banyuwangi University

* Corresponding E-mail bagus.pramono01@gmail.com

Received 07th January 2025
Accepted 00th February 20xx
Published 00th March 20xx

Open Access

Abstract: The increasing focus on energy efficiency highlights the need for improving electrical systems, particularly regarding power factor optimization. This study develops a prototype *Integrated Power Meter & Automatic Power Factor Controller* using an Arduino Uno microcontroller. The system measures electrical parameters, including reactive power, voltage, and current, in real-time. It automatically adjusts power factor by activating capacitors based on system requirements. Testing reveals significant improvements, with power factor enhancement by over 20% and reduced reactive power by up to 80%. The prototype demonstrates potential for application in industrial settings, offering an effective solution for energy management.

Keywords: Power Factor, Reactive Power, Arduino, Capacitor Bank, Energy Efficiency

Pendahuluan

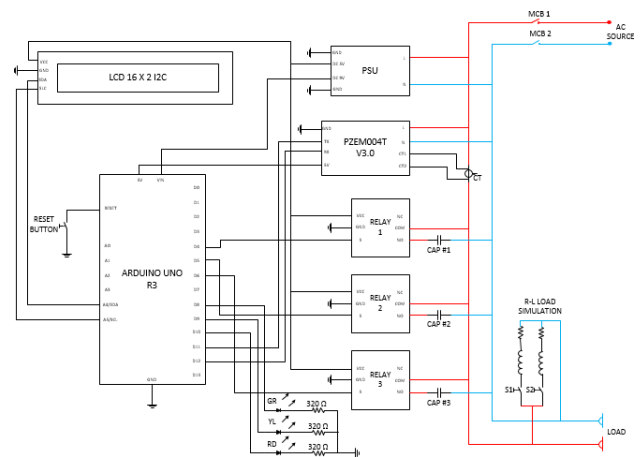
Sistem tenaga listrik sering menghadapi tantangan dari faktor daya rendah, yang meningkatkan konsumsi daya reaktif, mengurangi efisiensi, dan menaikkan biaya operasional. Kapasitor bank umumnya digunakan untuk mengatasi masalah ini dengan mengompensasi beban induktif. Penelitian ini mengeksplorasi pengembangan perangkat terintegrasi yang menggabungkan power meter dan pengendali faktor daya otomatis untuk menyediakan solusi yang hemat biaya, efisien, dan real-time dalam pengelolaan kualitas daya.

Tujuan penelitian ini adalah menjembatani kesenjangan antara pengetahuan teoretis dan aplikasi praktis dalam sistem energi dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler. Penelitian sebelumnya menekankan pentingnya koreksi faktor daya, tetapi belum menawarkan solusi yang ringkas dan terintegrasi yang sesuai untuk industri skala kecil hingga menengah.

Metode

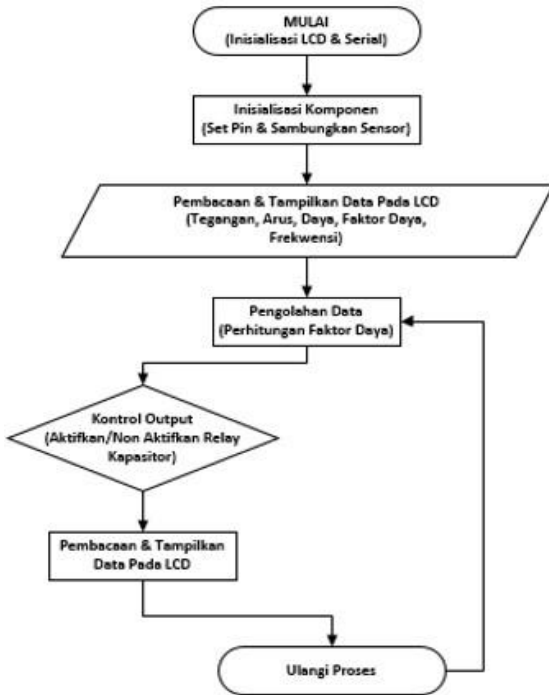
Desain prototipe terdiri dari:

1. **Mikrokontroler:** *Arduino Uno R3* digunakan untuk pemrosesan data dan pengendalian sistem.
2. **Sensor:** Modul *PZEM004T* untuk mengukur parameter listrik (tegangan, arus, daya, dan frekuensi).
3. **Layar:** *LCD 16x2* dengan antarmuka *I2C* untuk menampilkan data secara *real-time*.
4. **Sistem Kontrol:** Modul *relay* untuk mengaktifkan kapasitor sesuai kebutuhan faktor daya



Gambar 1. Wiring Diagram *Integrated Power Meter & Automatic Power Factor Controller*

1. **Perencanaan:** Menentukan spesifikasi komponen dan arsitektur sistem.
2. **Perakitan:** Mengintegrasikan komponen perangkat keras.
3. **Pemrograman:** Mengembangkan *source code* untuk akuisisi data, pemrosesan, dan kontrol menggunakan *Arduino IDE*.
4. **Pengujian:** Mengevaluasi kinerja menggunakan beberapa beban induktif.



Gambar 2. Diagram Alir *Integrated Power Meter & Automatic Power Factor Controller*

Metodologi ini memastikan sistem memiliki fleksibilitas dan skalabilitas yang sesuai untuk berbagai kondisi operasional.

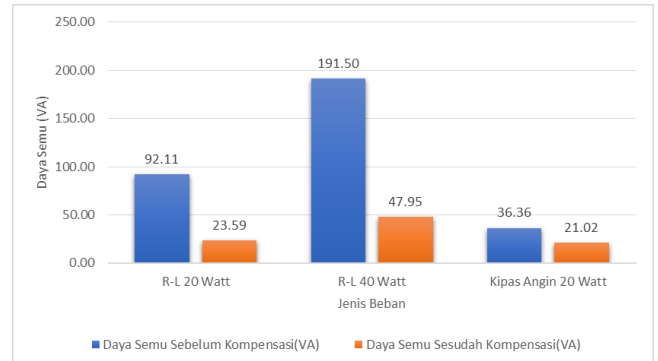
Hasil dan Pembahasan

Penerapan prototipe pada beberapa beban induktif untuk mengamati kinerjanya. Temuan utama meliputi:

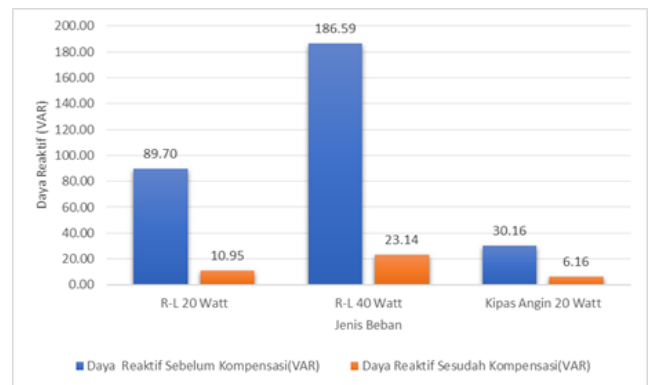
1. Peningkatan Faktor Daya: Meningkat dari 0,23 - 0,56 menjadi 0,88 - 0,96 setelah kompensasi kapasitor.
2. Pengurangan Daya Reaktif: Menurun rata-rata sebesar 60% - 80% pada beberapa jenis beban.
3. Peningkatan Efisiensi: Ditunjukkan dengan penurunan daya semu dan penurunan nilai arus.

No	Jenis Beban	Sebelum Kompensasi Kapasitor										Setelah Kompensasi Kapasitor									
		P(W)	S(VA)	Q(VAR)	Cos φ	V(Volt)	IAI	Efisiensi(%)	Ct(μF)	Cd(μF)	Ct(μF)	Cd(μF)	P(W)	S(VA)	Q(VAR)	Cos φ	V(Volt)	IAI	Efisiensi(%)		
1	R-L 20 Watt	20.20	92.15	89.90	0.22	224.20	0.41	21.92	1	1	1	3	20.00	45.72	41.11	0.44	224.10	0.20	43.74		
		19.80	90.80	88.62	0.22	223.10	0.41	21.81	1.5	1.5	1.5	4.5	19.70	27.81	19.77	0.71	223.30	0.13	70.58		
		20.20	92.62	90.59	0.22	224.80	0.41	21.81	2	2	2	6	19.90	29.81	19.07	0.84	224.60	0.11	83.58		
		20.90	92.11	89.70	0.23	224.10	0.41	22.69	2	2	1.5	5.5	20.90	25.59	10.95	0.89	224.70	0.10	88.60		
2	R-L 40 Watt	41.50	190.12	185.53	0.22	226.60	0.84	21.83	1	1	1	3	41.80	142.05	135.76	0.29	226.20	0.63	29.43		
		41.90	190.91	186.25	0.22	227.00	0.84	21.95	1.5	1.5	1.5	4.5	41.20	117.85	110.52	0.35	225.10	0.52	34.93		
		42.70	191.67	186.86	0.22	227.10	0.84	22.38	2	2	2	6	42.30	97.93	88.83	0.43	226.70	0.43	43.19		
		43.00	192.39	187.43	0.22	227.30	0.85	22.36	5	5	1	11	42.10	48.68	24.43	0.86	226.40	0.22	66.48		
3	Kipas Angin 20 Watt	20.30	36.36	30.16	0.36	221.70	0.16	33.83	1	1	-	2	20.10	21.02	6.16	0.96	221.30	0.08	95.62		

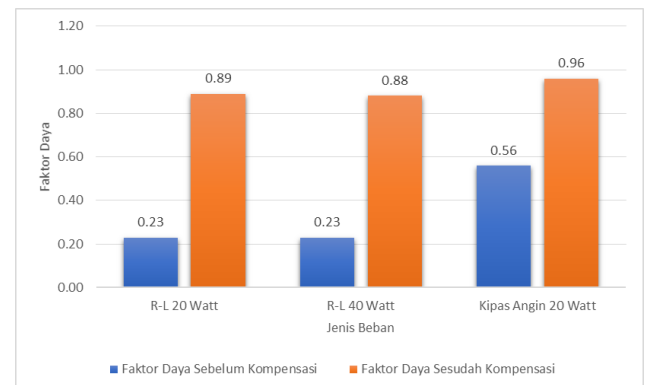
Gambar 1. Analisis Perbandingan Sebelum dan Sesudah Kompensasi Kapasitor



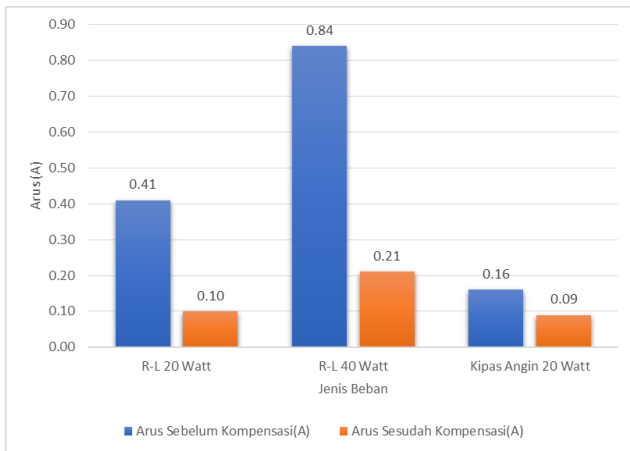
Gambar 3. Grafik Perbandingan Daya Semu Sebelum dan Setelah Kompensasi.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Daya Reaktif Sebelum dan Setelah Kompensasi



Gambar 5. Grafik Perbandingan Faktor Daya Sebelum dan Setelah Kompensasi



Gambar 6. Grafik Perbandingan Arus Sebelum dan Setelah Kompensasi

Tabel dan gambar di atas menunjukkan perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah kompensasi kapasitor pada sistem untuk meningkatkan faktor daya mengurangi daya reaktif, serta meningkatkan efisiensi dengan mengurangi daya semu dan aliran arus

Kesimpulan

Integrated Power Meter & Automatic Power Factor Controller berhasil meningkatkan kualitas daya dengan mengoptimalkan faktor daya dan mengurangi daya reaktif. Prototipe ini sangat bermanfaat bagi industri skala kecil hingga menengah. Pengembangan di masa depan dapat mencakup fitur IoT untuk pemantauan jarak jauh dan algoritma canggih seperti jaringan saraf tiruan, untuk memprediksi dan menyesuaikan dengan kondisi beban yang bervariasi.

Daftar Pustaka

- [1] PT Widya Citra Sejahtera. [Online]. Available: <https://wcs.sdmpajak.com/>
- [2] Y. Sartika, "Sistem Pengoperasian Kapasitor Bank Dan Monitoring Menggunakan Internet of Things (Iot) Di Gedung Elektro," 2021
- [3] I. Hajar and S. M. Rahayuni, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Plant 6 Pt. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.
- [4] Unit Citeureup, "Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer, vol. 9, no. 1, p. 8, 2020, doi: 10.36055/setrum.v9i1.8111.
- [5] H. Alam, M. Angga, and H. Widya, "Penggunaan Arduino Uno Untuk Mendeteksi In dan Out Pengunjung Ruang Kantor," *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 96–99, 2022, doi: 10.30743/jet.v7i2.5403.
- [6] Store/arduino, "Arduino Uno Rev3," 2024. [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>
- [7] M. Nursamsi Adiwiranto and C. Budi Waluyo "Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Serta Estimasi Biaya Pada Peralatan Rumah Tangga Berbasis Internet of Things," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 13–22, 2021, doi: 10.33019/electron.v2i2.2.
- [8] Robu.In, "Peacefair PZEM-004T AC Multi-function Electric Energy Metering Power Monitor," 2020. [Online]. Available: <https://robu.in/product/ac-multi-function-electric-energy-metering-powermonitor/>
- [9] D. F. Atmoko, E. Nashrullah, U. Sg, and B. Syawaludin, "Rancang Bangun Modul Pencacah 16 Bit 3 Input Dengan Komunikasi TCP / IP Untuk Portal Monitor Radiasi Pmr15," *Prima*, vol. 12, no. 2, pp. 29–37, 2015.
- [10] Handson Technology, "I2C Serial Interface 1602 LCD Module," 2021. [Online]. Available: https://www.handson-tec.com/dataspecs/module/I2C_1602_LCD.pdf
- [11] "Relay Isolated Optocoupler - Aksesoris Komputer Lampung."
- [12] Rajguru Electronics (I) Pvt. Ltd., "1 Channel Relay Board 5V 30A."