Jurnal Fakultas Teknik
Universitas Muhamadiyah Parepare
Vol. xx No. xx, Bulan 20xx

RANCANG BANGUN SISTEM PENGHEMAT DAYA LISTRIK MELALUI PERBAIKAN FAKTOR DAYA SECARA OTOMATIS BERBASIS ARDUINO

Sumarlin[1], A. Abd. Jabbar[2], A. Muhammad Syafar[3]

[1,2,3]Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

*Email : achoxpanda@gmail.com

Abstract: This research discusses the design and implementation of an automatic power factor correction system based on Arduino for inductive loads on electric motors. The system is designed to reduce power losses caused by low power factor by automatically controlling the connection of capacitor banks through microcontroller programming. The hardware consists of a current sensor, voltage sensor, capacitor bank, and Arduino microcontroller as the main controller, which was tested on a single-phase induction motor as the inductive load. The experimental results show that the initially low power factor can be improved to approach the ideal value, thereby reducing load current and increasing energy efficiency. In the no-load test, the motor's real power was 201 W with a power factor of 0.53. After the Power Factor Correction (PFC) system was activated, the capacitor provided compensation that increased the power factor to 0.83, while the operating current decreased from 1.63 A to 1.04 A. Thus, the implementation of this system proved effective in optimizing electrical energy usage and has the potential to reduce operational costs in inductive load equipment.

Keywords: Power Factor, Power Factor Correction (PFC), Capacitor Bank, Energy Efficiency

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem kelistrikan, faktor daya merupakan indikator penting yang menunjukkan efisiensi pemanfaatan energi listrik. Faktor daya yang rendah menandakan adanya sebagian daya yang tidak termanfaatkan secara efektif, melainkan berubah menjadi daya reaktif yang menimbulkan kerugian energi. Beban induktif seperti motor listrik, transformator, dan lampu neon merupakan penyebab utama rendahnya faktor daya baik pada sektor industri maupun rumah tangga. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya biaya listrik, berkurangnya kapasitas sistem distribusi, serta timbulnya permasalahan teknis lainnya. Menurut ketentuan PLN, nilai faktor daya minimum yang diperbolehkan adalah 0,85, sehingga apabila konsumen memiliki faktor daya di bawah standar tersebut maka akan dikenakan penalti. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan faktor daya merupakan solusi penting untuk mengurangi pemborosan energi dan menekan biaya operasional.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk memperbaiki faktor daya adalah pemasangan kapasitor bank yang diparalelkan dengan beban induktif. Namun, penggunaan kapasitor dengan nilai tetap memiliki keterbatasan karena tidak mampu menyesuaikan perubahan beban yang bersifat dinamis. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem koreksi faktor daya yang mampu menyesuaikan nilai kapasitansi secara otomatis.

Dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino, sistem ini dapat dirancang untuk mengontrol penyambungan kapasitor bank secara otomatis berdasarkan kondisi beban yang terukur melalui sensor arus dan sensor tegangan. Melalui pendekatan ini, faktor daya dapat ditingkatkan mendekati nilai ideal, sehingga rugi-rugi daya berkurang, arus beban menurun, dan efisiensi energi meningkat.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem perbaikan faktor daya otomatis berbasis Arduino yang mampu mengatur kapasitor bank secara dinamis, sehingga dapat meningkatkan faktor daya, mengurangi konsumsi energi listrik, dan meningkatkan efisiensi penggunaan daya pada beban induktif.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kantor PLN ULP Sinjai dan waktu pelaksanaan studi ini dilakukan selama 2 bulan 8dimulai pada bulan Maret 2025 sampai Mei 2025.

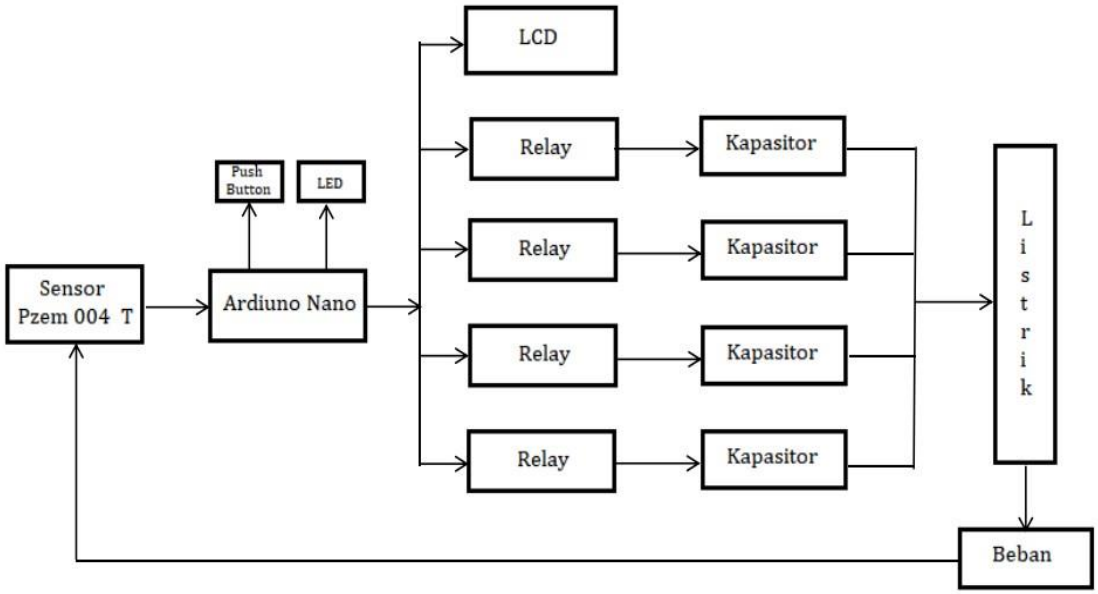
2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah melalui studi literatur dan telaah penelitian terdahulu. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan meliputi perancangan, pembangunan, pengembangan sistem, pengujian, serta penarikan kesimpulan dan saran. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif.

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu satu unit mikrokontroler Arduino Nano sebagai pusat kendali sistem, satu modul sensor PZEM-004T yang berfungsi untuk membaca parameter kelistrikan, serta sebuah LCD 16x2 yang digunakan untuk menampilkan informasi kondisi sistem. Selain itu, sistem dilengkapi dengan empat buah kapasitor yang digunakan sebagai kompensator daya reaktif, empat modul relay sebagai saklar otomatis untuk menghubungkan kapasitor, serta sebuah motor listrik beserta beban lainnya sebagai objek uji coba. Untuk mendukung fungsi operasional, digunakan pula sebuah push button sebagai tombol kendali manual dan sebuah LED indikator sebagai penanda status kerja sistem.

2.4 Rancangan Penelitian



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Input sistem pada penelitian ini menggunakan sensor PZEM-004T yang berfungsi untuk membaca parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, dan energi aktif. Data hasil pengukuran kemudian dikirimkan ke mikrokontroler Arduino Uno yang berperan sebagai pusat kendali sekaligus pengatur algoritma sistem.

Output dari sistem ini terdiri dari LCD 16x2 yang digunakan untuk menampilkan status kerja sistem sebagai media antarmuka dengan pengguna, serta delapan buah relay yang berfungsi sebagai aktuator untuk melakukan switching pada variasi kapasitor. Beban uji yang digunakan adalah motor induksi satu fasa, yang menjadi objek pengujian perbaikan faktor daya.

Dengan mekanisme tersebut, sensor PZEM-004T membaca kondisi beban motor induksi, Arduino Uno memproses data, kemudian menginstruksikan LCD 16x2 untuk menampilkan informasi sistem dan mengendalikan relay agar mengaktifkan kapasitor sesuai parameter kebutuhan.

2.5 Teknik Pengambilan Data

1. Studi Literatur

   Memahami konsep dasar sistem koreksi faktor daya berbasis Arduino Uno, serta prinsip kerja sensor PZEM-004T dalam mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, dan energi aktif. Referensi diperoleh dari jurnal, artikel ilmiah, dan sumber literatur terkait.
2. Pengujian Sensor dan Mikrokontroler

   Tahap ini dilakukan untuk menguji kemampuan sensor PZEM-004T dalam membaca parameter kelistrikan, serta memastikan Arduino Uno dapat mengolah data hasil pembacaan sensor secara akurat sesuai dengan algoritma yang telah dirancang.

3. Pengujian Sistem Kendali Relay dan Kapasitor

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap kemampuan Arduino Uno dalam mengendalikan relay sebagai saklar otomatis untuk menghubungkan kapasitor ke sistem. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa beban kapasitif dapat terpasang secara tepat sesuai dengan kebutuhan koreksi faktor daya motor induksi.



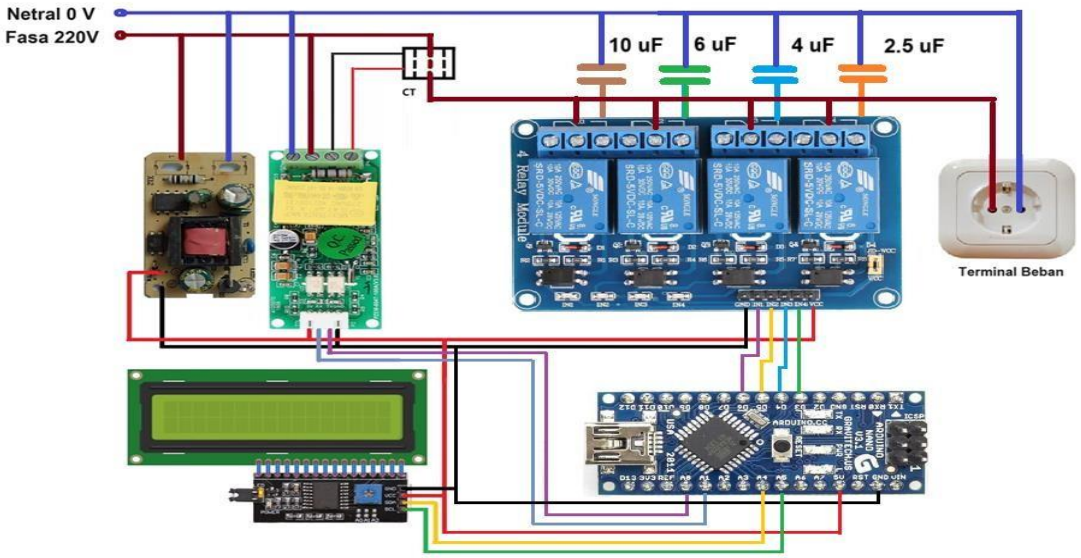
Gambar 2. Alat tampak depan dan belakang

Box proyek berwarna hitam yang, menampilkan berbagai komponen elektronik yang tersusun di dalamnya. rangkaian sistem kontrol otomatis dalam box hitam yang terdiri dari modul relay sebagai saklar elektronik, mikrokontroler sebagai pusat pengendali, regulator daya, serta kumparan ferrite untuk meredam gangguan, sementara pada bagian bawah terdapat LCD 16x2 dengan interface I2C yang berfungsi menampilkan informasi dari mikrokontroler, sehingga rangkaian ini dapat digunakan untuk aplikasi otomatisasi, Ukuran box proyek (Panjang 18,5 cm , lebar 11,5 cm, tinggi 6,5 cm).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perancangan dan Implementasi Sistem

Pemilihan komponen sangat penting untuk proyek akhir. Komponen yang digunakan pada proyek akhir yang berjudul "Sistem Penghemat Daya Listrik Melalui Perbaikan Faktor Daya Secara Otomatis Berbasis Arduino" yaitu Kapasitor Bank, Sensor PZEM - 004 T, Relay, Arduino Nano , LCD 16x2, Push Button, LED, dan motor Listrik beban lainnya



Gambar 3. Desain Sistem

Gambar 3. menunjukkan rangkaian sistem kontrol berbasis mikrokontroler (Arduino Nano) yang dilengkapi modul relay, LCD, power supply, serta kapasitor sebagai pengendali beban.

Sumber listrik berasal dari fasa dan netral 220V AC yang masuk ke power supply untuk dikonversi menjadi tegangan DC yang sesuai dengan kebutuhan Arduino dan modul lainnya. Sensor arus (CT) digunakan untuk membaca arus beban yang mengalir. Arduino Nano menjadi pusat pengendali sistem, menerima input dari sensor, lalu mengatur kerja modul relay.

Modul relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang menghubungkan kapasitor dengan nilai berbeda (10 µF, 6 µF, 4 µF, dan 2.5 µF) ke rangkaian beban. Kombinasi kapasitor ini dipakai untuk pengaturan daya atau faktor daya sesuai kebutuhan. LCD 16x2 dengan modul I2C digunakan untuk menampilkan informasi seperti tegangan, arus, maupun status kapasitor yang aktif.

Secara keseluruhan, rangkaian ini adalah sistem otomatisasi pengendalian daya listrik dengan pengaturan kapasitor berbasis Arduino, di mana semua komponen saling terhubung untuk memantau dan mengendalikan penggunaan energi secara lebih efisien.

3.2 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian Sistem Penghemat Daya Listrik Melalui Perbaikan Faktor Daya Secara Otomatis, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat ini sudah bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Pada pengujian ini mengugunakan motor Listrik. setelah itu hasil dari pengujian akan di tampilkan pada LCD. Data hasil percobaan ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Data pengukuran beban motor

Beban Motor	Kondisi	Tegangan (V)	Ps (VA)	Pr (VAR)	Arus (I)	Pn (Watt)	Pf
Motor 1	Sebelum	233	87	84	0,37	23	0,26
	Sesudah	233	26	14	0,12	23	0,88
Motor 2	Sebelum	233	201	145	0,86	140	0,69
	Sesudah	233	132	70	0,58	112	0,84
Motor 3	Sebelum	233	379	321	1,63	201	0,53
	Sesudah	233	235	133	1,02	201	0,85

Dari hasil pengujian sistem keseluruhan di atas, beban motor yang digunakan yaitu Pompa Air Aquarium dan memiliki Daya sebesar 23 W dan untuk nilai faktor dayanya itu sendiri sudah mengalami kenaikan dari 0.26 menjadi 0.88. Sedangkan untuk nilai arusnya mengalami penurunan dari 0,37 menjadi 0,12. dengan menggunakan kapasitor bank dengan nilai 5 uF. Dimana persentase kenaikan nilai efisiensi faktor dayanya dan persentase penurunan nilai arusnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase Kenaikan Nilai Efisiensi PF} = \frac{0,88 - 0,26}{0,88} \times 100\ \%$$

$$= 70,45\ \%$$

$$\text{Persentase Penurunan Nilai Arus} = \frac{0,37 - 0,12}{0,37} \times 100\ \%$$

$$= 67,56\ \%$$

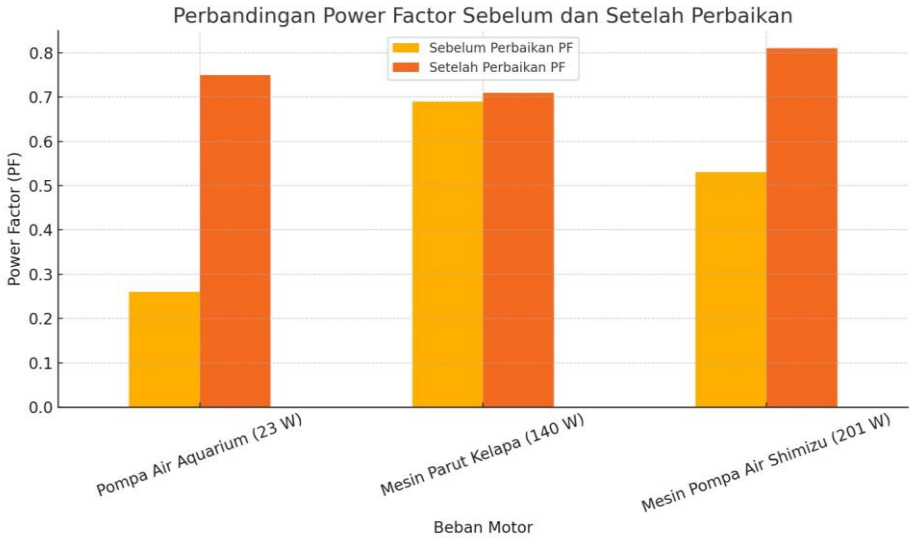
Jadi perubahan nilai faktor daya yang awal mulanya 0.26 menjadi 0.88 telah mengalami kenaikan sebesar 70,45 % sedangkan untuk nilai arusnya yang awalnya 0.37 menjadi 0.12 mengalami penurunan sebesar 67,56 %. Kenaikan nilai efisiensi dari faktor daya ini terjadi karena adanya penambahan kapasitor bank pada sistem.

3.3 Hasil Pengujian keseluruhan

Hasil dari semua pengujian nilai power factor pada sistem secara keseluruhan dengan menggunakan 3 jenis variasi beban bisa dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini:

Tabel 2. Hasil Pengujian Nilai Power Factor Keseluruhan

Beban	Sebelum Perbaikan PF	Setelah Perbaikan PF
Pompa Air Aquarium (23 W)	0.26	0.88
Mesin Paruk Kelapa (140 W)	0.69	0.84
Mesin Pompa Air Shimizu (201 W)	0.53	0.85



Gambar 4. Hasil Pengujian Nilai Power Factor Keseluruhan

Dari hasil data di atas diketahui bahwa telah terjadi kenaikan nilai faktor daya sesudah mengalami perbaikan menggunakan kapasitor bank pada 3 jenis variasi beban yang digunakan. Untuk beban Pompa Air Aquarium mengalami kenaikan faktor daya sebesar 0.88, pada beban Mesin Paruk Kelapa mengalami kenaikan faktor daya sebesar 0.84, sedangkan pada beban Mesin Pompa Air Shimizu mengalami kenaikan faktor daya sebesar 0.83.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor bank berbasis Arduino untuk motor listrik yang telah diuraikan diatas, maka dapat ditarik kesimpulan adalah membuat alat Rancang bangun sistem penghemat daya listrik melalui perbaikan faktor daya secara otomatis berbasis arduino dapat membaca nilai faktor daya pada beban listrik dengan baik dan dapat mengontrol nilai daya reaktif yang dibutuhkan secara otomatis. Alat perbaikan faktor daya otomatis dapat meningkatkan nilai faktor daya pada beban induktif. Dimana hasil sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat perbedaannya ataupun perubahannya pada LCD berbeda. Untuk pengukuran dan percobaan pada beban motor Listrik pertama terjadi kenaikan efisiensi faktor daya dari nilai faktor daya awal 0,26 menjadi 0,88 dan motor Listrik ke dua nilai awal 0.69 menjadi 0.84 pada mesin paruk kelapa. Dari percobaan yang telah dilakukan dapat diketahui nilai faktor daya maksimum pada motor Listrik pertama sebesar 0,88 pada pompa air dan 0,85 mesin paruk kelapa 0,84.

REFERENSI

Aldi Razor. (2020). Modul Relay Arduino: Pengertian, Gambar, Skema, dan Lainnya. Diperoleh dari: https://www.aldyrazor.com/2020/05/modul- relayarduino.html. (Diakses 27 Mei 2023).

Fachry Azharuddin, dkk. (2017). Pengaruh Penambahan Kapasitor Bank Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket.Jurnal Teknik Elektro.9(2):68

Nanda Fartino, Tarmizi, Mahdi Syukri. (2020). Kajian Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Otomatis. Teknik Elektro. 5(1)11-18.

NN Digital. (2019). Mengenal PZEM004T Modul Elekronik Untuk Alat Pengukuran Listrik. Diperoleh dari: https://www.nndigital.com/blog/2019/07/10/mengenalpzem-004t-modul-elektronik- untuk- alat-pengukuran-listrik. (Diakses 13 Mei 2023).

Raja Harahap, Yacub M.L.T. (2023). Rancang Bangun Kapasitor Bank Otomatis Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Arduino Uno. Electrical Technology. 8(2)55-57.

Risdina. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Perbaikan Faktor Daya pada Konsumsi Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroller Atmega32. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sumatra Utara.

S.Handriyani, A. Soeprijanto, and S. Anam, "Analisa Perbaikan Faktor Daya untuk Penghematan Biaya Listrik di KUD Tani Mulyo Lamongan," vol. 3, no. 6, pp. 1–6, 2012.

T. Nusa, "Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler", E-Journal Tek. Elektro Dan Komputer., vol. 4, no. 5, pp. 19–26, 2015

Windu Nur Hardiranto. (2017). Analisa Optimasi Perbaikan Faktor Daya dan Drop Tegangan dengan Menggunakan Kapasitor Bank pada Line 5 PT Bukit Asam (PERSERO) TBK.Skripsi.Universitas Lampung.