



RANCANG BANGUN PERBAIKAN FAKTOR DAYA
MENGUNAKAN KAPASITOR BANK BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK BEBAN RUMAH TANGGA
DENGAN DAYA MAKSIMAL 900 W

Reza Ramadhan¹, Surojo², Zanu Saputra³
^{1,2,3}Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Corresponding Author: rezzramadhan24@gmail.com

ABSTRAK

Pada iklim global yang sedang terjadi pada saat ini, manusia akan merasakan dampak yang besar terutama dalam segi energi. Kita harus lebih berhemat dalam penggunaan energi terutama pada penggunaan energi listrik. Di Indonesia sendiri barang-barang dan peralatan rumah tangga yang sering dipakai pada umumnya bersifat induktif. Sifat induktif inilah yang membuat penggunaan energi listrik menjadi lebih boros dan kurang efisien. Tujuan penelitian ini adalah merancang suatu sistem kontrol untuk memperbaiki faktor daya pada beban-beban rumah tangga menggunakan kapasitor bank. Pada saat beban beroperasi, nilai arus, tegangan, dan faktor daya akan terbaca oleh sensor yang kemudian dikirimkan ke mikrokontroler. Setelah nilai $\cos \phi$ diketahui, mikrokontroler akan memproses program kontrol dan memberikan perintah ke relay module untuk mengaktifkan kapasitor bank. Setelah pengaktifan kapasitor, sensor kembali membaca nilai arus, tegangan, dan faktor dayanya untuk mengetahui perubahan $\cos \phi$ hingga mencapai nilai $\cos \phi$ yang diinginkan. Berdasarkan hasil pengujian pada 4 buah jenis beban yang diukur secara kumulatif didapatkan dari rata-rata nilai faktor daya awal 0,74 naik menjadi nilai faktor daya yang ideal yaitu 0,95.

Kata Kunci : Induktif, faktor daya, kapasitor, sensor

ABSTRACT

In the current global climate, humans will feel a big impact, especially in terms of energy. We must be more efficient in the use of energy, especially in the use of electrical energy. In Indonesia itself, household goods and equipment that are often used are generally inductive in nature. This inductive nature makes the use of electrical energy more wasteful and less efficient. The purpose of this research is to design a control system to improve the power factor of household loads using a capacitor bank. When the load is operating, the current, voltage, and power factor values will be read by the sensor which is then sent to the microcontroller. After the $\cos \phi$ value is known, the microcontroller will process the control program and give a command to the relay module to activate the capacitor bank. After activating the capacitor, the sensor reads the current, voltage,

and power factor values again to determine the change in cos phi until it reaches the desired cos phi value. Based on the test results on 4 types of loads that were measured cumulatively, the average initial power factor value of 0.74 rose to the ideal power factor value of 0.95.

Keywords : inductive, power factor, capacitor, sensor

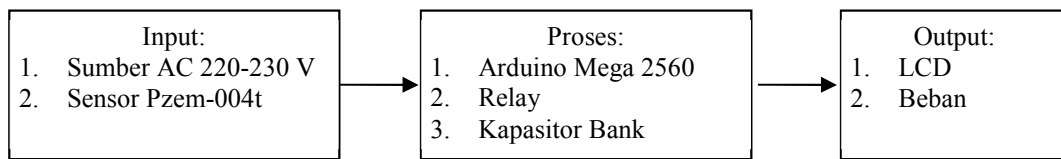
1. PENDAHULUAN

Dilihat dari iklim global yang terjadi saat ini, hal ini akan menyebabkan dampak yang besar bagi manusia terutama dalam segi energi. Oleh karena itu, kita harus lebih berhemat dalam penggunaan energi terutama pada penggunaan energi listrik. Di Indonesia sendiri barang-barang dan peralatan rumah tangga yang sering dipakai pada umumnya bersifat induktif. Sifat induktif inilah yang membuat penggunaan energi listrik menjadi kurang efisien, tidak optimal, dan menjadi lebih boros sehingga menyebabkan kurangnya efisiensi daya listrik yang dihasilkan. Misalkan pada sebuah rumah memasang daya listrik sebesar 900 watt. Namun, faktanya pengguna daya tersebut tidak bisa menggunakan daya tersebut sebesar 900 watt. Hal ini disebabkan oleh peralatan yang bersifat induktif tadi yang menyebabkan pengguna hanya bisa menggunakan daya kurang dari 900 watt (Andi Zulfikar & Pangaribuan, 2015).

Oleh karena itu, usaha yang bisa kita lakukan untuk meningkatkan efisiensi energi listrik adalah dengan meningkatkan faktor daya listrik (power factor = pf). Jika nilai faktor dayanya rendah ($pf < 0.9$) maka akan menyebabkan meningkatnya rugi daya, rugi tegangan, biaya dan juga menurunkan efisiensi. Hal inilah yang seharusnya disadari oleh semua orang, bahwasannya daya dapat ditekan penggunaannya dengan memperbaiki faktor dayanya dengan cara memperkecil nilai daya reaktif sehingga diharapkan daya aktif sama besarnya dengan daya semu yang digunakan atau dapat dikatakan merupakan faktor daya mendekati angka 1. Sehingga perlu diciptakan alat kapasitor bank untuk memperbaiki faktor daya pada peralatan listrik rumah tangga (Eko Budi Haryadi. Universitas Negeri Yogyakarta, 2015).

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif yang terdiri dari analisa kebutuhan system, pengambilan data, analisa data, desain sistem, perhitungan data, pengujian, dan evaluasi. Pada proses awal ini dilakukan studi literature dengan mencari berbagai sumber jurnal dan teori tentang perbaikan faktor daya yang pernah dilakukan sebelumnya dengan niat menggabungkan teori-teori yang telah ditemukan sebelumnya menjadi suatu metode yang merangkul teori-teori tersebut menjadi satu. Untuk blok diagram sistem digunakan untuk mengetahui komponen apa saja yang terdapat pada *input*, proses dan *output* dari proyek akhir rancang bangun rangkaian perbaikan faktor daya untuk beban rumah tangga 900 W berbasis mikrokontroler bisa dilihat pada Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Dari sumber arus dan tegangan dialirkan ke beban, lalu setelah melewati beban besarnya arus dan tegangan akan dibaca oleh sensor arus, sensor tegangan dan juga sensor $\cos \theta$ untuk mengukur besarnya pf. Setelah terukur, data akan dilanjutkan ke mikrokontroler untuk diolah kembali sebelum diteruskan ke kapasitor bank dan juga untuk menampilkan besarnya arus, tegangan, dan $\cos \theta$ pada layar LCD. Setelah itu data yang telah diolah akan disesuaikan dengan besarnya kapasitor yang akan digunakan dan selanjutnya masuk ke driver dahulu sebelum dialirkan kembali ke beban.

Kemudian dilakukan pengambilan dan pengumpulan data-data pada beban yang diinginkan. Data tersebut meliputi tegangan, arus, daya, dan faktor daya. Karena Faktor daya ($\cos \phi$) merupakan perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian atau dapat dikatakan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA). Dimana dengan nilai daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya nilai faktor dayanya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya akan selalu lebih kecil atau sama dengan satu (Lisiani, Abang Razikin; Syaifurrahman. Universitas Tanjungpura Pontianak, n.d.).

Untuk faktor daya sendiri bisa ditulis menjadi :

$$\text{Faktor Daya} = \frac{P(\text{dalam watt})}{V \times I} \dots\dots\dots(2.1)$$

Setelah semua data pada beban yang dibutuhkan untuk proses perbaikan faktor daya telah didapat, maka selanjutnya proses menganalisa data untuk mengetahui kapasitansi pada kapasitor bank. Namun sebelum itu harus dilakukan perhitungan terlebih dahulu pada daya reaktif kompensatornya (Q_c). Pada prinsipnya, dalam perbaikan PF agar nilai $PF \approx 1$, sebuah kapasitor daya ac (kapasitor bank) harus mempunyai nilai daya reaktif kompensator Q_c yang sama dengan nilai daya reaktif Q dari sistem yang akan diperbaiki faktor dayanya, atau dapat ditulis dengan (Ahmad Dani, 2018) :

$$Q_c = \frac{V^2}{X_c} \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk menghitung daya reaktif kompensator yang dibutuhkan terhadap perubahan daya reaktif yang diinginkan dapat menggunakan persamaan :

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Besarnya nilai daya Q_c kapasitor bank yang diperlukan untuk mengubah faktor daya dari $\cos \phi_1$ menjadi $\cos \phi_2$ bisa menggunakan rumus :

$$Q_c = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dan untuk daya nyata bisa kita dapatkan dari penjumlahan antara daya aktif dan daya reaktif yang didapatkan dari persamaan:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Setelah itu dilakukan perhitungan kapasitor bank yang dibutuhkan. Kapasitor bank merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif . menggunakan rumus sebagai berikut:

- Daya Reaktif (Q) perlu diketahui dengan cara sebagai berikut :

$$Q1 = V.I \text{ Sin } \phi1 \dots\dots\dots(2.6)$$

(nilai ϕ merupakan faktor daya awal beban)

- Untuk menentukan nilai faktor daya yang diinginkan, maka perlu diketahui daya reaktif (Q2) yaitu

$$Q = P.Tan \phi2 \dots\dots\dots(2.7)$$

$$(Q1-Q2) = P \times Tan \phi$$

(nilai ϕ merupakan faktor daya yang diinginkan pada beban)

- Setelah diketahui Q2, maka dihitung nilai tahanan Z sebagai berikut :

$$Z = |V|^2 / Q2 \dots\dots\dots(2.8)$$

- Kemudian ditentukan nilai kapasitor C sebagai berikut:

$$Z = 1 / 2.\pi.F.C$$

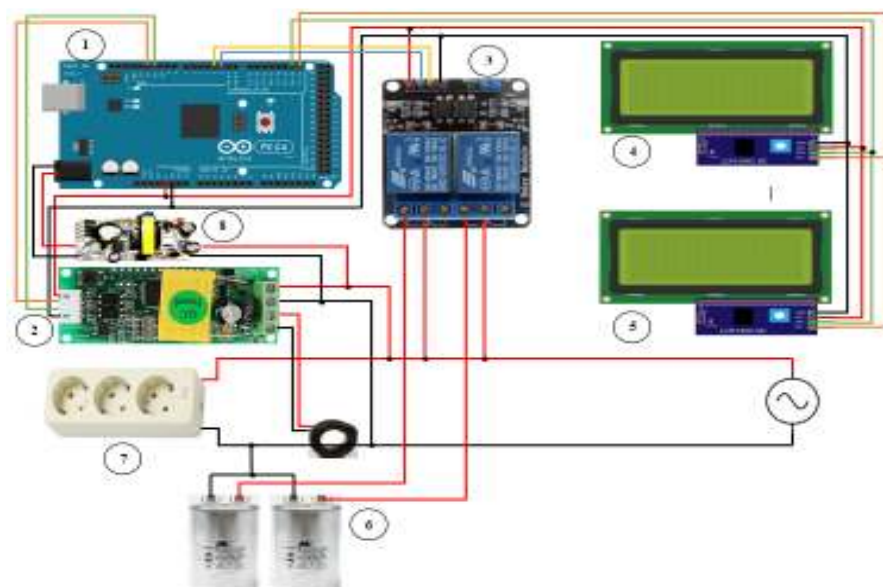
$$C = 1 / (2.\pi.F.Z) \dots\dots\dots(2.9)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Desain Sistem Alat Perbaikan Faktor Daya

Komponen-komponen utama yang digunakan pada sistem alat ini adalah Arduino Mega 2560 dan juga sensor. Sensor yang digunakan adalah sensor Pzem-004t. Pzem-004t adalah sebuah modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur : Voltage / Tegangan, Arus, Daya, Frekuensi, Energi dan Power Faktor (nn-digital, 2019).

Untuk desain rangkaian kontrol dan rangkaian utama pada sistem alat perbaikan faktor daya bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Utama dan Rangkaian Kontrol Alat

- Keterangan Gambar :
 1. Arduino Mega 2560
 2. Sensor Pzem 004t
 3. Relay
 4. LCD 1 *with* I2C
 5. LCD 2 *with* I2C
 6. Kapasitor Bank
 7. Stop Kontak
 8. Adaptor 5-12 V

2. Pengujian Alat Sebelum Perbaikan PF

Untuk pengujian sistem alat, jenis beban yang akan digunakan ada 4 jenis beban yaitu beban motor induksi 1 fasa + gerinda tangan 850 W, pompa air 175 W, pompa air + blender 375 W, pompa air + kipas angin 230 W. Nilai data yang terukur nantinya akan menjadi acuan untuk menghitung nilai kapasitor yang akan dipasang untuk memperbaiki faktor daya. Untuk hasil data pengujian pada beban dapat dilihat pada Tabel 1. di bawah ini :

Tabel 1. Hasil Pembacaan Sebelum Perbaikan PF

Beban	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	Faktor Daya (PF)
Gerinda Tangan + Motor Induksi (850 W)	229.4	3.27	595.2	0.79
Pompa Air (175 W)	227.9	1.16	175.7	0.66
Pompa Air + Blender (375 W)	228	1.70	301.2	0.78
Pompa Air + Kipas Angin (230 W)	231.8	1.30	217.5	0.72

3. Perhitungan Nilai Kapasitor Yang Dibutuhkan

Untuk menentukan berapa nilai kapasitor yang dibutuhkan pada setiap beban, maka harus dilakukan perhitungan untuk menentukan berapa besar nilai kapasitor yang dibutuhkan sesuai dengan *power* faktor dari setiap beban tersebut.

Sebelum menghitung nilai kapasitornya, terlebih dahulu kita harus mencari nilai daya reaktif, daya semu, dan juga besar nilai tahanannya. Berikut hasil perhitungan penentuan nilai kapasitor pada setiap beban:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Kapasitor Yang Dibutuhkan

Beban	Nilai Kapasitor (uF)
Gerinda Tangan + Motor Induksi (850 W)	21.4
Pompa Air (175 W)	9.98
Pompa Air + Blender (375 W)	11.13
Pompa Air + Kipas Angin (230 W)	9.10

4. Hasil Perbandingan Nilai PF Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Hasil dari semua pengujian nilai *power factor* pada sistem secara keseluruhan dengan menggunakan 4 jenis variasi beban bisa dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Perbandingan Nilai PF Sebelum dan Setelah Perbaikan

Beban	Sebelum Perbaikan PF	Setelah Perbaikan PF
Gerinda Tangan + Motor induksi (850 W)	0.79	0.96
Pompa Air (175 W)	0.66	0.94
Pompa Air + Blender (375 W)	0.78	0.97
Pompa Air + Kipas Angin (230W)	0.72	0.95

Dari hasil data di atas diketahui bahwa telah terjadi kenaikan nilai faktor daya sesudah mengalami perbaikan menggunakan kapasitor bank pada 4 jenis variasi beban yang digunakan. Untuk beban Gerinda Tangan + Motor Induksi mengalami kenaikan faktor daya sebesar 0.17, pada beban Pompa Air mengalami kenaikan faktor daya sebesar 0.28, sedangkan pada beban Pompa Air + Blender mengalami kenaikan faktor daya sebesar 0.19, dan pada beban Pompa Air + Kipas Angin mengalami kenaikan faktor daya sebesar 0.23.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor bank berbasis mikrokontroler untuk beban rumah tangga dengan daya maksimal 900 W yang telah diuraikan diatas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil dari pengukuran dan percobaan pada 4 jenis variasi beban yaitu Gerinda Tangan + Motor Induksi, Pompa Air, Pompa Air + Blender, dan Pompa Air + Kipas Angin telah terjadi kenaikan nilai efisiensi faktor daya antara 17 – 30 % dari rata-rata nilai faktor daya awal 0,74 menjadi 0,95.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih untuk Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan Penelitian Riset Dasar Kementerian Riset dan Teknologi tahun 2020, Surojo dan Zanu Saputra selaku dosen pembimbing, serta pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan artikel ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Dani, M. H., 2018. Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensasi Daya Reaktif (Studi Kasus STT Sinar Husni). *Seminar Nasional Royal (SEMAR) 2018*.
- Andi Zulfikar, M. A. M. & Pangaribuan, P., 2015. Rancang Bangun Perbaikan Faktor Daya dan Watt Hours Meter Digital Berbasis Mikrokontroler. *e-Proceeding of Engineering*, pp. 6956-6959.
- Eko Budi Haryadi. Universitas Negeri Yogyakarta, 2015. Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Peralatan Rumah Tangga.
- Lisiani, Abang Razikin; Syaifurrahman. Universitas Tanjungpura Pontianak, n.d. Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi).
- nn-digital, 2019. *Mengenal Pzem-004t Modul Elektronik Untuk Alat Pengukuran Listrik*. [Online] Available at: <https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/10/mengenal-pzem-004t-modul-elektronik-untuk-alat-pengukuran-listrik/> [Accessed 18 11 2020].