

Rancang Bangun Kapasitor Bank Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega 328P Untuk Perbaikan Faktor Daya

Putu Angga Juliantara¹, I Wayan Arta Wijaya², Cok Gede Indra Partha³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Denpasar – Bali

Email : putuanggajuliantara@gmail.com¹, artawijaya@unud.ac.id², cokindra@unud.ac.id³

Abstrak

Beban induktif dengan faktor daya rendah menyebabkan arus beban semakin besar sehingga dibutuhkan perbaikan faktor daya. Perbaikan faktor daya pada beban induktif dapat dilakukan dengan cara memasang kapasitor sesuai nilai yang dibutuhkan. Pemasangan kapasitor dapat dilakukan dengan cara paralel atau seri terhadap sumber listrik. Metode perancangan dibagi menjadi dua bagian yaitu, pertama perancangan perangkat keras (*hardware*) dan yang kedua perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan *hardware* terdiri dari perancangan rangkaian catu daya, rangkaian *driver* relay, rangkaian LCD, rangkaian sistem minimum ATmega 328P, rangkaian kapasitor bank, rangkaian sensor arus dan rangkaian sensor tegangan. Sensor yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sensor arus tipe *non-invasive* SCT013-010 dan sensor tegangan menggunakan transformator tipe nol 500 mA. Perancangan *software* berupa program kerja alat yang menggunakan aplikasi Arduino IDE. LCD menampilkan nilai pembacaan *input* tegangan, arus beban, daya aktif, daya semu, daya reaktif dan faktor daya. Mikrokontroler ATmega 328P mengolah data dan menentukan relay yang bekerja sehingga tujuan nilai faktor daya dengan $\cos \phi \geq 0,85$ tercapai. Hasil yang dicapai dalam penelitian ini adalah rancang bangun kapasitor bank otomatis berbasis mikrokontroler ATmega 328P dapat memperbaiki faktor daya dengan melakukan *injection capacitor* untuk menaikkan nilai faktor daya sesuai standar PLN dengan $\cos \phi \geq 0,85$ dengan menghubungkan kapasitor ke sumber jala-jala listrik PLN yang diparalel dengan beban induktif satu fasa.

Kata Kunci : Mikrokontroler ATmega 328P, Faktor Daya, Kapasitor Bank, Beban Induktif.

Abstract

Inductive load with low power factor has led to the greater load current so that it is required a power factor improvement. Improvement of power factor in inductive load can be carried out by installing capacitor according to required proportion. Installation of capacitors can be used in parallel or series to electric source. The method of making design is divided into two parts, namely, the first is the designing of hardware and the second is the designing of the software. The designing of hardware consists of designing the power supply circuit, driver relay circuit, LCD circuit, minimum system circuit of ATmega 328P, capacitor bank circuit, current sensor circuit and voltage sensor circuit. The sensors used in this study were a non-invasive type SCT013-010 current sensor and a voltage sensor of a 500 mA type zero transformer. The design of software was in the form of work program tools that use the application of Arduino IDE. LCD displays the readout values of voltage, load current, active power, apparent power, reactive power and power factor. The ATmega 328P microcontroller processes data and determines the working relay so that the purpose of power factor value by $\cos \phi \geq 0.85$ is achieved. The results achieved in this research is the design of automatic bank capacitor based on microcontroller of ATmega 328P can improve power factor by conducting injection capacitor to raise the power factor value according to PLN standard by $\cos \phi \geq 0.85$ by connecting capacitor to the source of PLN paralleled by a single phase inductive load.

Keywords: Microcontroller of ATmega 328P, Power Factor, Capacitor Bank, Inductive Load.

1. PENDAHULUAN

Pelanggan tenaga listrik rumah tangga lebih banyak menggunakan beban induktif. Penggunaan beban induktif yang masih sering dapat dilihat di rumah tangga meliputi pompa air dan lampu TL. Penggunaan beban induktif berdampak pada faktor daya. Nilai faktor daya yang rendah dibawah 0,85 dapat diperbaiki dengan salah satu cara memasang

kompensasi kapasitif menggunakan komponen kapasitor. Komponen kapasitor sebagai pembangkit daya reaktif berfungsi untuk menyeimbangkan kebutuhan daya reaktif beban induktif [1].

Pada penelitian yang sudah dilakukan untuk perbaikan *power factor* konsumen rumah tangga menggunakan kapasitor bank. Pemasangan kapasitor bank dirangkai paralel

terhadap sumber jala-jala PLN. Hasil perbaikan faktor daya setelah pemasangan kapasitor bank didapat tidak kurang dari 0,85 sesuai standar PLN [2].

Selain dari penelitian diatas, penelitian yang terkait perbaikan faktor daya dengan judul perancangan kebutuhan kapasitor bank untuk perbaikan faktor daya pada Line Mess I di PT. Bumi Lamongan Sejati. Perancangan kebutuhan kapasitor bank dilakukan dengan menentukan lokasi pemasangan instalasi kapasitor bank. Pemasangan kapasitor bank di Line Mess I di PT. Bumi Lamongan Sejati dilakukan dengan cara *individual compensation* untuk memperbaiki faktor daya beban [3].

Berdasarkan dari kedua penelitian yang sudah dilakukan, pada penelitian ini dibuatlah sebuah alat yang dapat memperbaiki faktor daya secara otomatis dengan beban induktif 1 fasa. Cara kerja alat ini memperbaiki faktor daya $\leq 0,85$ dengan melakukan *injection capacitor* yang terhubung paralel terhadap beban induktif 1 fasa.

Mikrokontroler ATmega 328P berfungsi untuk mengontrol *injection capacitor* dan sebagai pengolah data sensor yang didapat dari sensor tegangan dan sensor arus. Sensor yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sensor arus tipe *non-invasive* SCT013-010 dan sensor tegangan menggunakan transformator *step down* tipe nol 500 mA. LCD 20x4 sebagai media *interface* untuk menampilkan tegangan AC, arus AC, daya reaktif beban induktif 1 fasa dan faktor daya.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang digunakan komponen pasif resistor yang merupakan daya terpakai [4].

Persamaan daya aktif dapat dirumuskan sebagai berikut [4] :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

Keterangan :

P adalah Daya Aktif (W)

V adalah Tegangan (V)

I adalah Arus (A)

φ adalah Sudut Fasa ($^{\circ}$)

2.2. Daya Reaktif

Persamaan daya reaktif dapat dirumuskan sebagai berikut [4] :

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (2)$$

Keterangan :

Q adalah Daya Reaktif (VAR)

V adalah Tegangan (V)

I adalah Arus (A)

φ adalah Sudut Fasa ($^{\circ}$)

2.3. Daya Semu

Daya semu adalah hasil perkalian antara tegangan dengan arus. Satuan dari daya semu adalah volt ampere (VA) [4].

Persamaan daya semu dapat dirumuskan sebagai berikut [4] :

$$S = V \cdot I \quad (3)$$

Keterangan :

S adalah Daya Semu (VA)

V adalah Tegangan (V)

I adalah Arus (A)

2.4. Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (W) dengan daya semu (VA) dinyatakan dalam $\cos \varphi$ atau disebut dengan *Power Factor* (PF) [4].

Secara matematika faktor daya dirumuskan sebagai berikut [4] :

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{V \cdot I \cdot \cos \varphi}{V \cdot I} = \cos \varphi \quad (4)$$

Keterangan :

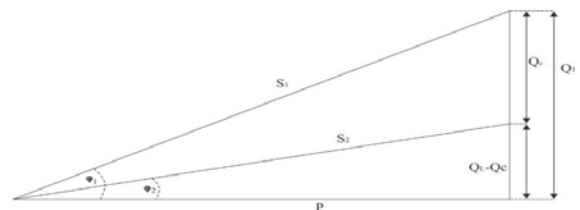
PF adalah *Power Factor*

P adalah Daya Aktif (W)

S adalah Daya Semu (VA)

2.5. Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya bertujuan untuk menaikkan nilai $\cos \varphi$ yang rendah sampai tercapainya standar nilai $\cos \varphi$ sebesar 0,85. Perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan memasang nilai kapasitor yang dibutuhkan [5]. Prinsip perbaikan faktor daya dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prinsip Perbaikan Faktor Daya [6]

Perhitungan perbaikan faktor daya berdasarkan referensi buku *Lesson In Circuit Volume II - AC* dengan menggunakan kapasitor dibagi menjadi tiga tahap meliputi perhitungan faktor daya tanpa menggunakan kapasitor, perhitungan kapasitor yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya dan perhitungan faktor daya menggunakan kapasitor [7].

Persamaan dari 5 sampai 7 adalah perhitungan faktor daya tanpa menggunakan kapasitor sebagai berikut [7] :

$$P = V_{in} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (5)$$

$$S_1 = V_{in} \cdot I \quad (6)$$

$$PF_1 = \frac{P}{S_1} \quad (7)$$

Persamaan dari 8 sampai 10 adalah perhitungan kapasitor yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya sebagai berikut [7] :

$$Q_1 = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (8)$$

$$X_c = \frac{V_{in}^2}{Q_1} \quad (9)$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} \quad (10)$$

Persamaan dari 11 sampai 16 adalah perhitungan faktor daya menggunakan kapasitor sebagai berikut [7] :

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad (11)$$

$$I_2 = \frac{V_{in}}{X_c} \quad (12)$$

$$Q_{capacitif} = \frac{V_{in}^2}{X_c} \quad (13)$$

$$Q_{total} = Q_{inductif} - Q_{capacitif} \quad (14)$$

$$S_2 = \sqrt{Q_{total}^2 + P^2} \quad (15)$$

$$PF_2 = \frac{P}{S_2} \quad (16)$$

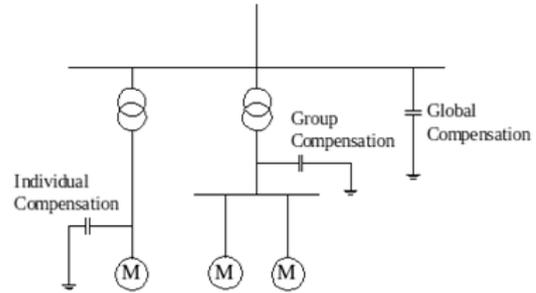
Keterangan :

- P adalah Daya Nyata (W)
- V_{in} adalah Tegangan Input (V)
- S_1 adalah Daya Semu Lama (VA)
- S_2 adalah Daya Semu Baru (VA)
- Q_1 adalah Daya Reaktif Lama (VAR)
- Q_c adalah Daya Reaktif kapasitor (VAR)
- Q_{total} adalah Total Daya Reaktif (VAR)
- PF_1 adalah Power Factor Lama
- PF_2 adalah Power Factor Baru
- C adalah Kapasitor (μF)
- I_2 adalah Arus baru (A)
- f adalah Frekuensi (Hz)
- φ adalah Sudut Fasa ($^\circ$)
- π adalah 3,14

2.6. Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah rangkaian yang terdiri dari beberapa unit kapasitor yang terhubung secara seri atau paralel yang digunakan untuk memberikan kompensasi

daya reaktif. Instalasi kapasitor bank dibagi menjadi 3 (tiga) bagian yaitu *global compensation*, *group compensation*, dan *individual compensation* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Instalasi Kapasitor Bank [8]

2.7. Arduino

Arduino IDE (*Intergrated Development Enviroment*) merupakan aplikasi mikrokontroler yang dapat melakukan *edit*, *compile*, dan *upload code* ke modul arduino. Arduino IDE dapat digunakan untuk melakukan *burning bootloader* ke mikrokontroler. *Burning bootloader* berfungsi melakukan pemetaan fungsi port ATmega sesuai dengan sistem arduino [9].

3. METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian pada rancang bangun kapasitor bank otomatis berbasis mikrokontroler ATmega 328P untuk perbaikan faktor daya sebagai berikut :

1. Melakukan pengukuran faktor daya, tegangan dan arus untuk beban lampu TL yang akan diujikan.
2. Studi literatur dengan mengumpulkan dan mempelajari data-data yang bersumber dari jurnal dan buku sesuai dengan penelitian.
3. Perancangan *hardware* bertujuan untuk merancang rangkaian dan kebutuhan komponen yang diperlukan.
4. Perancangan *software* bertujuan untuk merancang program yang digunakan dalam perbaikan faktor daya.
5. Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui program dan alat bekerja dengan baik dan benar.

3.1. Metode Perancangan Hardware

Metode perancangan *hardware* meliputi rangkaian sistem mikrokontroler ATmega 328P, rangkaian *driver* relay, rangkaian sensor arus, rangkaian sensor tegangan, rangkaian sensor LCD 20x4, rangkaian kapasitor bank dan rangkaian catu daya.

3.1.1. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler

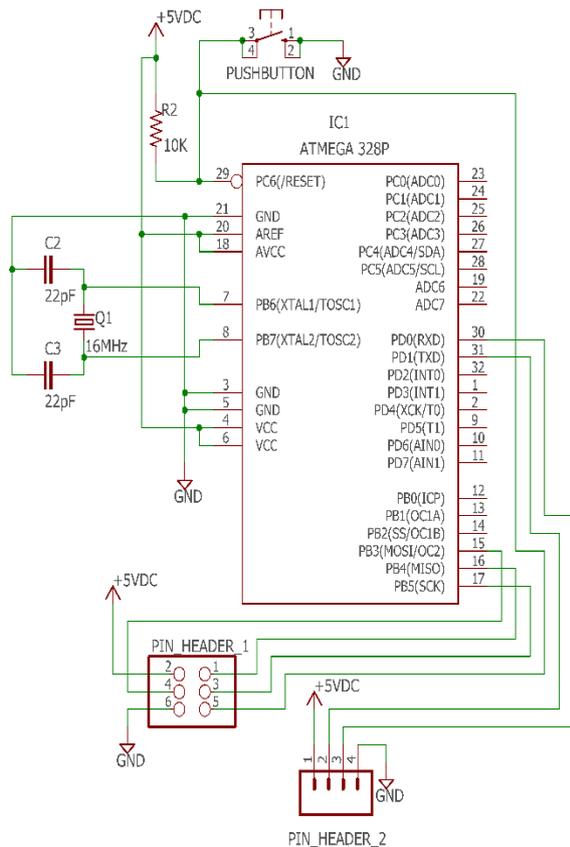
Rangkaian sistem minimum mikrokontroler menggunakan ATmega 328P yang sudah dilakukan *burning bootloader*. Rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega 328P ditunjukkan pada Gambar 3.

3.1.2. Rangkaian Driver Relay

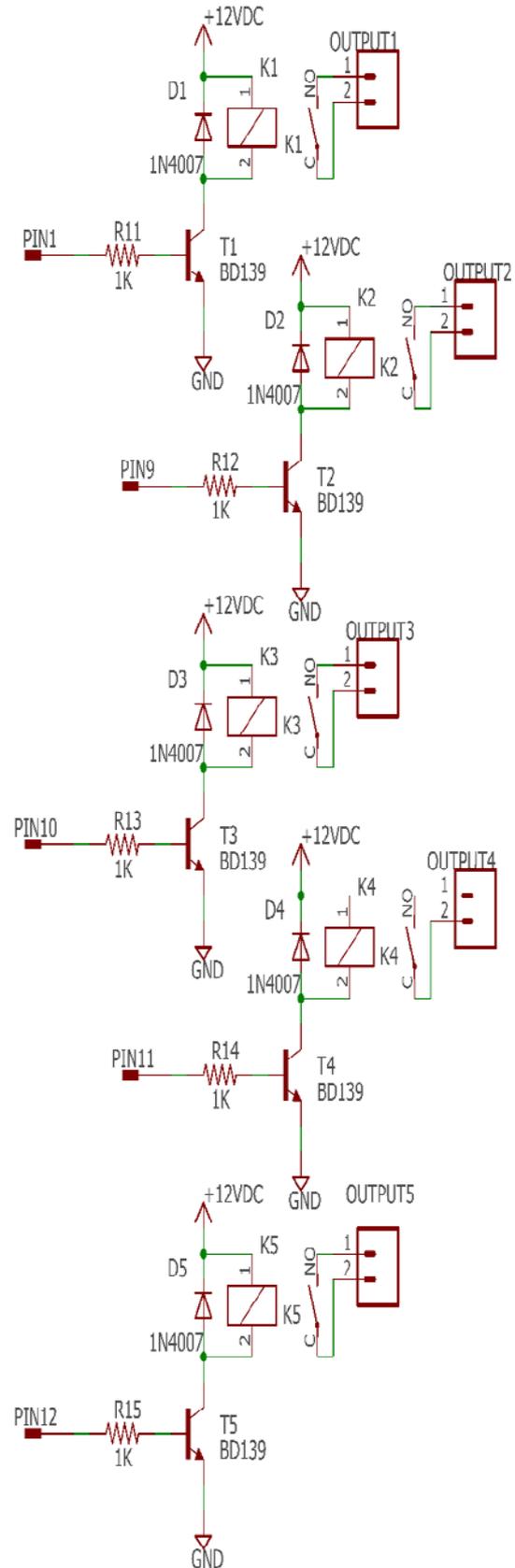
Rangkaian *driver* relay berfungsi sebagai *buffer* antara mikrokontroler dengan relay karena *output* arus yang dihasilkan oleh mikrokontroler tidak dapat digunakan secara langsung untuk mengoperasikan relay. Rangkaian *driver* relay dapat ditunjukkan pada Gambar 4.

3.1.3. Rangkaian Sensor Arus

Rangkaian sensor arus AC berfungsi untuk mendeteksi besarnya nilai arus yang mengalir ke beban pada suatu kawat penghantar. Sensor arus yang digunakan SCT013-010 dengan kemampuan pengukuran arus maksimal 10 A. Rangkaian sensor arus ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 3. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega 328P



Gambar 4. Rangkaian Driver Relay

3.1.4. Rangkaian Sensor Tegangan

Rangkaian sensor tegangan pada arus bolak-balik menggunakan transformator *step down* tipe nol dengan arus 500 mA dengan *input* primer transformator 220 VAC dan *output* sekunder transformator 12 VAC. Rangkaian sensor tegangan ditunjukkan pada Gambar 6.

3.1.5. Rangkaian Kapasitor Bank

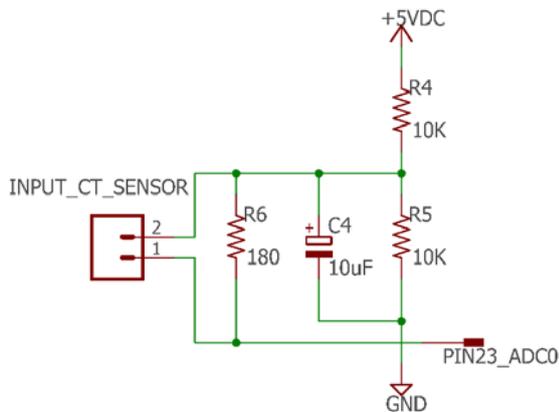
Rangkaian kapasitor bank terhubung paralel dengan sumber tegangan 220 VAC. Rangkaian kapasitor bank ditunjukkan pada Gambar 7.

3.1.6. Rangkaian LCD 20x4

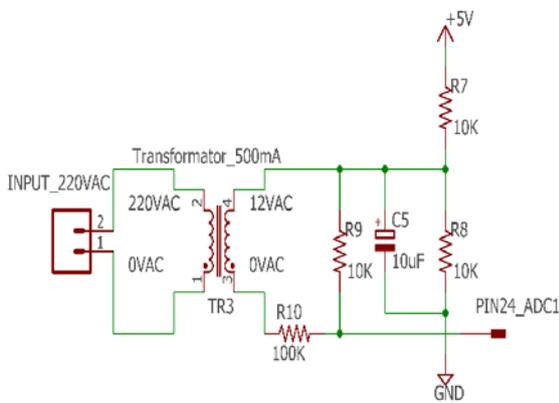
Rangkaian LCD menggunakan LCD 20x4 dengan rincian 4 baris dan 20 kolom untuk setiap baris. Rangkaian LCD 20x4 ditunjukkan pada Gambar 8.

3.1.7. Rangkaian Catu Daya

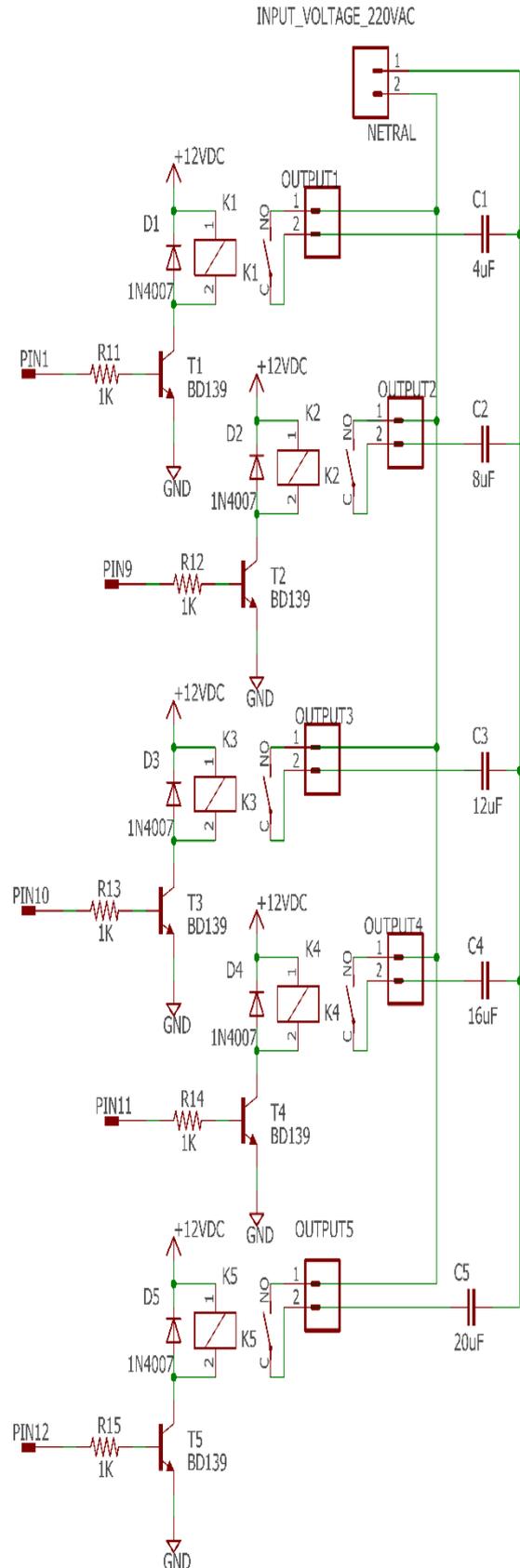
Rangkaian catu daya pada alat ini berfungsi untuk mensuplai tegangan sesuai yang dibutuhkan rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega 328P, LCD, sensor tegangan, sensor arus dan *driver* relay. Rangkaian catu daya dapat ditunjukkan pada Gambar 9.



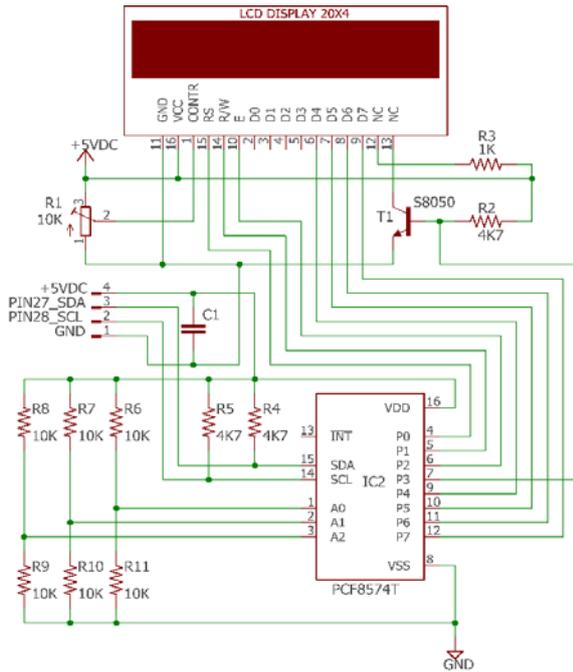
Gambar 5. Rangkaian Sensor Arus



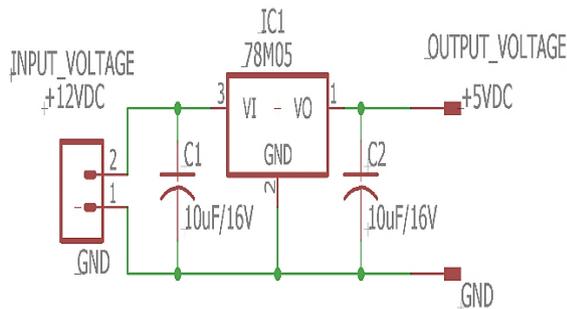
Gambar 6. Rangkaian Sensor Tegangan



Gambar 7. Rangkaian Kapasitor Bank



Gambar 8. Rangkaian LCD 20x4



Gambar 9. Rangkaian Catu Daya

3.2. Metode Perancangan Software

Metode perancangan *software* menggambarkan proses kerja sistem perbaikan faktor daya dengan menggunakan kapasitor bank berbasis mikrokontroler ATmega 328P. Penjelasan metode perancangan *software* sebagai berikut :

1. Melakukan instruksi untuk inisial *port* LCD, sensor tegangan, sensor arus, dan *driver* relay sesuai urutan program yang dibuat.
2. Melakukan inialisasi data awal meliputi tegangan AC (V), arus (I), daya aktif (P), daya semu (S), daya reaktif (Q), faktor daya (PF).
3. Data *input* arus didapat dari pembacaan sensor arus SCT013-010 dan data *input* tegangan didapat dari pembacaan sensor tegangan menggunakan transformator.
4. Melakukan perhitungan daya semu (S), daya aktif (P), ϕ sudut beda fasa gelombang tegangan dan gelombang arus

pada *phasecal* menggunakan *library* EmonLib.h, daya reaktif (Q) dan faktor daya (PF).

5. Kondisi jika nilai faktor daya kurang dari 0,85 sebagai nilai konstanta $\cos \phi$ yang ingin dicapai maka langkah selanjutnya menghitung nilai reaktansi kapasitif (X_c), menghitung nilai C (*capacitor*), memilih nilai kapasitor yang tersedia, melakukan perhitungan daya reaktif kapasitor (Q_c), melakukan perhitungan daya reaktif total (Q_{total}), melakukan perhitungan daya semu yang kedua (S_2) dan melakukan perhitungan faktor daya yang kedua (PF_2). Jika kondisi faktor daya sudah terpenuhi $\geq 0,85$ maka tidak kembali menghitung nilai reaktansi kapasitor (X_c), menghitung nilai C (*capacitor*), daya reaktif kapasitor (Q_c), daya reaktif total (Q_{total}), daya semu yang kedua (S_2) dan faktor daya yang kedua (PF_2).
6. LCD akan menampilkan informasi dari data yang sudah diolah dengan menampilkan nilai tegangan (V), arus (I), daya aktif (P), daya semu (S), daya reaktif (Q), dan faktor daya (PF).
7. Setiap perubahan beban induktif yang diuji, alur program mikrokontroler tetap melakukan *looping* program seperti prosedur nomor 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Alat dengan Lampu TL sebelum Perbaikan Faktor Daya

Hasil data pengujian didapat dari data yang ditampilkan pada LCD. Hasil data pengujian beban lampu TL sebelum perbaikan faktor daya dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

4.2. Hasil Pengujian Alat dengan Lampu TL setelah Perbaikan Faktor Daya

Hasil data pengujian didapat dari data yang ditampilkan pada LCD. Hasil data pengujian beban lampu TL setelah perbaikan faktor daya dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

4.3 Hasil Pengujian

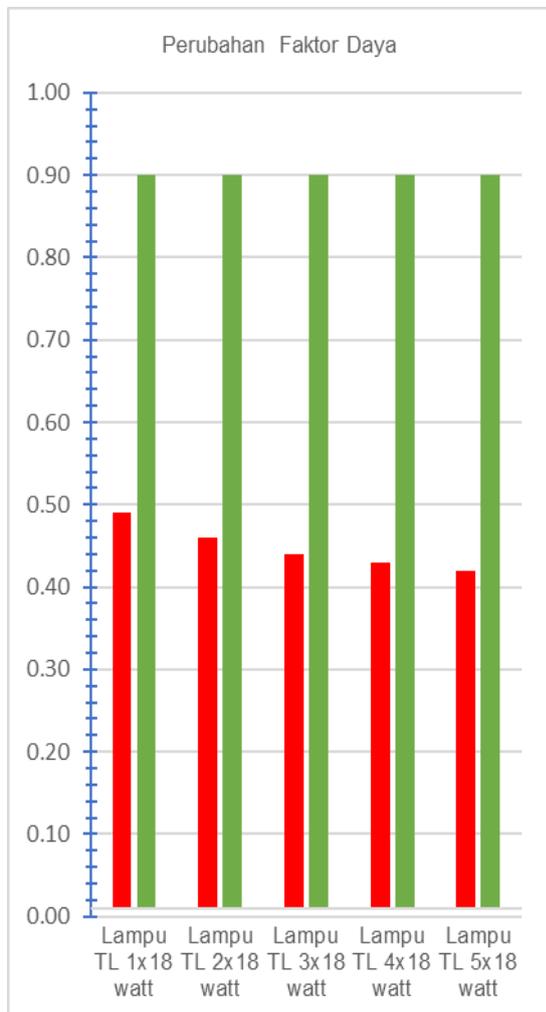
Hasil pengujian beban lampu TL sebelum perbaikan faktor daya dan setelah perbaikan faktor daya menggunakan alat perbaikan faktor daya otomatis dapat ditunjukkan melalui grafik batang pada Gambar 10.

Tabel 1. Hasil Data Pengujian Beban Lampu TL sebelum Perbaikan Faktor Daya

Beban Lampu TL	Input Tegangan (V)	Input Arus (A)	Daya Semu (VA)	Daya Aktif (W)	Daya Reaktif (VAR)	Faktor Daya
1x18 watt	223	0,32	71	34,93	64	0,49
2x18 watt	224	0,62	135	62,43	123	0,46
3x18 watt	223	0,95	210	92,73	189	0,44
4x18 watt	223	1,27	280	120,50	253	0,43
5x18 watt	223	1,58	349	147,93	316	0,42

Tabel 2. Hasil Data Pengujian Beban Lampu TL setelah Perbaikan Faktor Daya

Beban Lampu TL	Input Tegangan (V)	Input Arus (A)	Daya Semu (VA)	Daya Aktif (W)	Daya Reaktif (VAR)	Faktor Daya	C (µF)
1x18 watt	223	0,16	36	32,39	16	0,90	4
2x18 watt	223	0,29	64	57,56	28	0,90	8
3x18 watt	223	0,41	92	82,64	40	0,90	12
4x18 watt	223	0,54	120	107,30	53	0,90	16
5x18 watt	223	0,66	148	133,37	64	0,90	20



Gambar 10. Grafik Batang Perubahan sebelum Perbaikan Faktor Daya dan setelah Perbaikan Faktor Daya

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun simpulan berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada rancang bangun kapasitor bank otomatis berbasis mikrokontroler ATmega 328P untuk perbaikan faktor daya yaitu :

1. Hasil pengujian dengan menggunakan beban induktif setiap lampu TL 1x18 watt dibutuhkan sebuah kapasitor 4 µF untuk memperbaiki faktor daya beban menjadi 0,90.
2. Hasil pengujian menunjukkan sebelum dan setelah perbaikan faktor daya berdampak pada perubahan *input* arus, daya semu, daya aktif dan daya reaktif pada setiap beban lampu TL.

5.2. Saran

Berikut saran untuk pengembangan *prototype* dari rancang bangun kapasitor bank berbasis ATmega 328P untuk perbaikan faktor daya yaitu :

1. Penambahan jumlah kapasitor untuk dapat memperbaiki faktor daya beban dengan nilai yang bervariasi.
2. Penambahan tampilan kondisi *leading* dan *lagging* yang dapat ditampilkan pada LCD.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asrul Syafrianto, *Rancang Bangun Alat Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Dinamis 1 Fase dan Monitoring Daya Dengan LCD Grafik*. 2012; 2(1): 1.
- [2] Ahmad Bukhari, *Perbaikan Power Factor pada Konsumen Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor Bank*. 2012; 3(1): 1-2.
- [3] Khadafi Alland, Efrita Z Afrah, *Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya pada Line Mess 1 di PT. Bumi Lamongan Sejati (WBL)*. 2013; 2(1): 2.
- [4] Cekmas Cekdin, Taufik Barlian. *Rangkaian Listrik*. Yogyakarta: CV Andi Offset. 2013: 74-75.
- [5] Pujiono, *Rangkaian Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2013: 320-322.
- [6] Mohamad Ramadhani. *Rangkaian Listrik*. Bandung: Erlangga. 2008: 276.
- [7] Tony R Kuphaldt. *Lesson In Electric Circuits Volume II – AC*. 2007: 352.
- [8] Margiono Abdillah. *Merakit Kapasitor Bank Untuk Jaringan Listrik*. Pontianak: Yayasan Kemajuan Teknik. 2015: 26.
- [9] Jazi Eko Isyanto. *Pengantar Elektronika dan Instrumentasi*. Yogyakarta: Andi. 2014: 8-12.