

Rancang Bangun Kapasitor Bank Otomatis Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Arduino Uno

Raja Harahap, Yacub Merlin Lumban Toruan

Konsentrasi Teknik Energi, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 Indonesia

harahaprij@yahoo.com; yacubmerlin@gmail.com

Abstrak

Motor induksi merupakan suatu sistem industri andalan modern penggerak listrik, alasan motor induksi ini banyak diminati dan penyebarannya pun sangat luas di pasaran karena biaya murah, sederhana, ketahanan, kemudahan manufaktur, tanpa sikat pada motor sangkar dan rasio berat/daya rendah, akan tetapi motor induksi ini terdapat kelemahannya yaitu penyerapan daya reaktif yang merupakan masalah utama dari motor induksi, daya reaktif dalam jaringan listrik harus seimbang, atau tegangan sistem akan turun, peralatan akan rusak akan menurunkan faktor daya. Rendahnya faktor daya akan mengakibatkan penurunan tegangan dan kerugian saluran menjadi terasa sekali. Oleh karena itu, penelitian ini akan merancang sistem kapasitor bank yang otomatis untuk memperbaiki faktor daya pada motor induksi tiga fasa menggunakan Arduino UNO untuk meningkatkan faktor daya sistem, daya reaktif harus disuntikkan ke sumber eksitasi menggunakan bank kapasitor. Hasil penelitian menunjukkan sistem perbaikan faktor daya otomatis ini dapat terintegrasi secara sistematis dengan kompensasi daya reaktif maksimal sekitar 1.952,98 VAR dapat meningkatkan faktor daya yang sebelumnya sekitar 0,45 menjadi 0.84. Keberhasilan sistem perbaikan faktor daya dengan persentase kesalahan hasil pengukuran dibawah 5% memiliki keakuratan sekitar 90%.

Kata Kunci: Perbaikan Faktor Daya, Kapasitor Bank, Motor Induksi Tiga Fasa, Arduino UNO

I. PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa merupakan suatu sistem industri andalan modern penggerak listrik. Alasan motor induksi ini banyak diminati dan penyebarannya pun sangat luas di pasaran karena biaya murah, sederhana, ketahanan, kemudahan manufaktur, tanpa sikat pada motor sangkar dan rasio berat/daya rendah. Dibalik banyak keunggulan dari motor induksi ini terdapat kelemahannya yaitu penyerapan daya reaktif yang merupakan masalah utama dari motor induksi. Daya reaktif memiliki peranan yang sangat penting untuk memastikan kualitas daya. Daya reaktif dalam jaringan listrik harus seimbang, atau tegangan sistem akan turun, peralatan akan rusak. Karena penurunan tegangan dan kerugian saluran dalam setiap saluran daya yang mencatu beban keduanya berbanding lurus dengan arus saluran, maka makin rendah faktor daya, penurunan tegangan dan kerugian saluran makin tinggi ketika mengirimkan beban. Oleh karena dalam sistem tenaga modern sebagian besar menggunakan motor induksi dan alat induktif lainnya, maka faktor daya kebanyakan sistem seperti ini sangat rendah sehingga terjadi kerugian saluran. Lebih dari setengah daya reaktif dalam sistem dikonsumsi oleh peralatan induktif [1].

Disisi lain, motor sinkron tidak mengalami masalah ini karena dapat beroperasi pada faktor daya terbelakang (lagging) seperti motor induksi, namun juga dapat bekerja dengan faktor daya unity bahkan dengan faktor daya mendahului (leading).

Namun demikian, motor sinkron tidak memiliki penyebaran yang luas dalam sistem industri dibandingkan dengan motor induksi karena memiliki biaya yang lebih tinggi dan rasio berat/daya yang lebih tinggi. Sampai sekarang, penggerak motor induksi masih menyerap daya reaktif dari sumbernya. Oleh karena itu, untuk meningkatkan faktor daya sistem, daya reaktif harus disuntikkan ke sumber eksitasi menggunakan bank kapasitor [1].

Berdasarkan situs resminya arduino adalah platform elektronik open source yang didasarkan pada perangkat keras dan lunak yang mudah digunakan. Pada penelitian ini mikrokontroler yang akan digunakan adalah papan Arduino Uno sebagai pusat pengendali [2].

Penelitian yang hampir serupa pernah dilakukan pada tahun 2021 oleh Amelia Bustazar Rahmi dengan judul “Rancang Bangun Kapasitor Bank Otomatis Untuk Kendali Kelistrikan Pada Daihatsu Taft Ranger 4x4”, penelitian ini berfokus dengan adanya kapasitor bank otomatis yang diaplikasikan pada kendaraan roda empat Daihatsu Taft Ranger 4x4 diharapkan dapat meminimalisir terjadinya tegangan jatuh pada baterai.

Pada penelitian ini, peneliti akan merancang desain rangkaian sistem perbaikan faktor daya otomatis ini menggunakan beberapa sensor sebagai output sistem yaitu sensor tegangan dan sensor arus, out pulsa disisi teminiakan ditampilkan melalui LCD 16x2 [3]. Kapasitor bank pada penelitian ini digunakan untuk memberikan beban

kapasitif pada motor induksi sehingga dapat memperbaiki faktor daya agar tidak berada di bawah standar cos phi PLN. Standar cos phi PLN berada di angka 0.85, berdasarkan spesifikasi motor induksi yang digunakan, toleransi cosphi yang ditawarkan adalah 0,79 hingga 0.85[4].

Berdasarkan Arduino uno akan memerintahkan sensor ACS712 dan sensor ZMPT101B untuk melakukan pembacaan besaran arus dan tegangan motor induksi, hasil pengukuran arus dan tegangan akan diolah oleh arduino uno sehingga sistem dapat mengetahui daya nyata pada motor induksi. Setelah mengidentifikasi daya nyata maka arduino uno akan membandingkan daya aktif dan daya nyata pada motor induksi sehingga sistem dapat mengidentifikasi besar faktor daya. Arduino uno akan memerintahkan relay yang akan menjadi switch pada kapasitor bank untuk melepaskan beban kapasitif jika faktor daya berada dibawah parameter yang telah dideklarasikan agar dapat terjaga pada faktor daya yang ditentukan sehingga diharapkan menghasilkan sistem yang efisien.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Faktor Daya

Faktor daya ($\cos \phi$) adalah rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya nyata (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam $\cos \phi$ [2].

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} \quad (1)$$

2.2 Kapsitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan elektrik untuk meningkatkan faktor daya, yang akan mempengaruhi besarnya arus (Ampere). Kapasitor bank merupakan kelengkapan listrik yang memiliki sifat kapasitif. Kapasitor bank yang sering dipasang pada industri atau pabrik-pabrik yang memiliki kebutuhan daya listrik besar[5]. Adapun kapasitor bank dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Kapasitor Bank

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P (datasheet). Ini memiliki 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0),

koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset[6]. Adapun perangkat Arduino uno dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arduino Uno

2.4 Sensor Arus ACS712

Sensor arus ACS712 adalah perangkat elektronik untuk mendeteksi arus, sensor ACS712 adalah merupakan tipe variasi sesuai dengan arus maksimal yaitu 5A, 20A, 30A. Sensor ACS712 memiliki tegangan VCC 5V. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Dapat dilihat seperti gambar di bawah ini[7]. Adapun Sensor Arus ACS712 dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Sensor arus

2.4 Sensor Tegangan

Sensor tegangan merupakan sensor yang mengukur tegangan listrik. Sensor ini bekerja menggunakan prinsip pembagi tegangan resistor, dengan sensor tegangan output yang dibaca dibagi menjadi 5 bagian terhadap tegangan inputan. Sensor ini mendeteksi tegangan DC yang inputannya sebesar 0-25v DC, tegangan yang dideteksi sebesar 0,02445-25v DC. Tingkat ketelitian dari sensor Voltage yaitu 0,00489v dengan ukuran sensor 24x13mm[8]. Sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Sensortegangan

2.5 Relay

Relay digunakan sebagai komponen pengontrol step pada trafo atau sebagai control tegangan yang diinginkan. Karena relay merupakan komponen elektronika yang terdiri sebuah coil (lilitan), seperangkat kontak yang membentuk Saklar (switch) dan juga terminal penghubung. Terdapat 2 kondisi kontak pada kontaktor yaitu kondisi di NO (Normally Open) dan NC (Normally Close). Maka relay digunakan sebagai penyambung dan pemutus tegangan dari step trafo[9]. Relay dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Relay

2.6 Transformator Step Down

Transformator Step Down ialah Trafo yang berfungsi menurunkan taraf level tegangan AC dari taraf yang tinggi ke rendah. PadaTrafojenis ini, Rasio untuk jumlah lilitan pada kumparan primer lebih banyak dari pada jumlah lilitan pada kumparan yang sekunder.Trafo step down digunakan untuk mengubah tegangan grid yang tinggi menjadi yang lebih rendah[10]. Trafo step down dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Trafo step down

2.7 Liquid Crystal Display

LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD bisa memunculkan gambar atau tulisan dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya[11]. LCD dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Liquid Crystal Display

III. METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Adapun Alat dan Bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Arduino Uno
2. Relay 3 fasa
3. Transistor NPN tipe BD139
4. Kapasitor AC non polar
5. Display LCD
6. Motor induksi 3 fasa
7. Sensor tegangan
8. Sensor arus ACS 712
9. IC LM339
10. Transformator Step Down
11. Cosphi meter dan multi meter
12. Terminal dan Kabel jumper serta papan circuit

3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian

- Waktu Penelitian

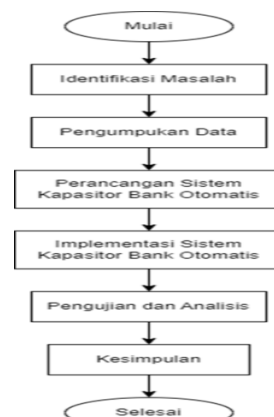
Waktu yang digunakan peneliti untuk penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal dikeluarkannya ijin penelitian dalam kurun waktu kurang lebih 2 (dua) bulan, 1 bulan rancang bangunalat dan 1 bulan analisis hasil pengujian dan pengolahan data yang meliputi penyajian dalam bentuk skripsi dan proses bimbingan berlangsung. Penelitian ini akan dilaksanakan pada tanggal 3 Januari 2023 hingga tanggal 2 Maret 2023.

- Tempat Penelitian

Lokasi penelitian yaitu dimana peneliti melakukan penelitian, terutama sekali dalam pengambilan data atau pengamatan objek yang diteliti dalam rangka mendapatkan data-data hasil penelitian. Penelitian ini akan dilaksanakan di Lab Transmisi Dan Distribusi Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara.

3.3 Metodologi Penelitian

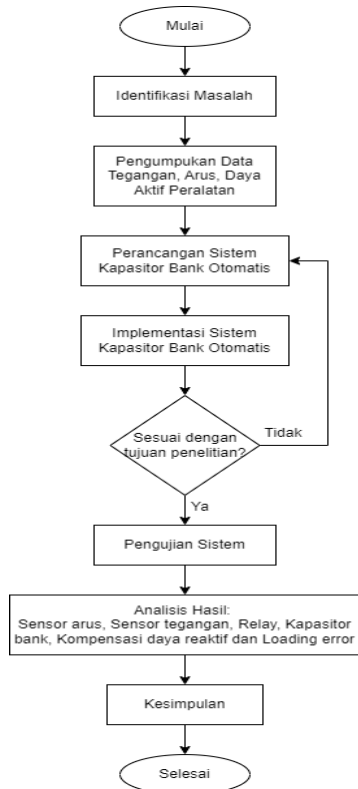
Adapun metodologi penelitian yang akan dilakukan pada penelitian dimulai dari mengidentifikasi masalah dengan mencari studi literatur dan melakukan perencanaan sistem, melakukan pembangunan sistem, pengujian dan menarik kesimpulan dan saran penelitian. Adapun metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Metodologi Penelitian

3.4 Skema Prosedur Penelitian

Adapun tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 9 diagram alir berikut.



Gambar 9. Skema Prosedur Penelitian

3.5 Instrumen Pengambilan Data

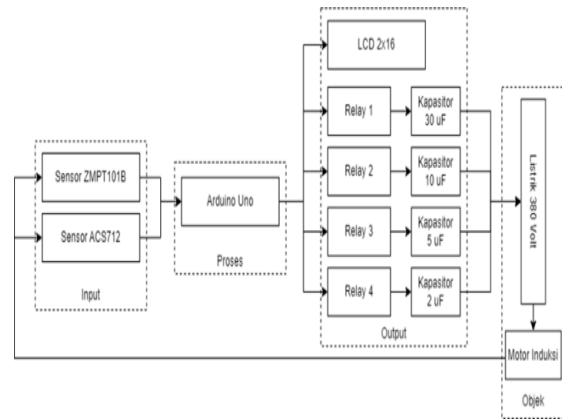
Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan setelah mengidentifikasi masalah sebagai kebutuhan hipotesis, pengumpulan data dilakukan secara langsung dengan mencari data data yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kebutuhan Data

No	Data yang Dibutuhkan	Sumber Data
1	Tegangan	Sensor ZMPT101B
2	Arus	ACS712
3	Daya Aktif motor induksi	Spesifikasi
4	Daya reaktif motor induksi	Hasil Olah Data Mikrokontroler
5	Faktor daya tawaran	Spesifikasi
6	Kapasitansi kapasitor bank	Spesifikasi

3.6 Perancangan Umum Sistem

Penelitian ini akan membahas perancangan dari mulai input sistem, mikrokontroler yang digunakan ialah arduino uno, dan output sistem 4 channel, relay dan kapasitor bank. Blok diagram sistem ditunjukkan pada Gambar 10 berikut.



Gambar10. Blok Diagram Sistem

Input sistem pada sistem ini ialah sensor zmpt101b yang berfungsi untuk membaca besar tegangan dan sensor acs712 berfungsi untuk membaca kuat arus yang mengalir, proses pada sistem ini yaitu mikrokontroler arduino uno yang berfungsi untuk mengatur algoritma pada sistem. Output pada sistem ini yaitu lcd 16x2 untuk menampilkan status kerja sistem atau berupa media tatap muka antara sistem dan pengguna, output lainnya yaitu 4 buah relay yang berfungsi sebagai switcing ada variasi kapasitor, serta terdapat objek yaitu motor induksi dan listrik 380 volt 3 fasa.

Sensor ZMPT101B dan ACS712 akan mengirimka hasil pembacaan tegangan dan arus pada motor induksi yang sedang beroperasi, mikrokontroler arduino uno akan memerintahkan lcd 16x2 untuk menampilkan kondisi pada sistem dan relay untuk aktif sesuai dengan parameter kebutuhan pada sistem.

IV HASIL PENGIJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan setelah alat perbaikan faktor daya motor induksi telah terkonfigurasi secara sistematis, pengujian ini dilakukan untuk kebutuhan analisa data dan juga untuk melihat kinerja dari sistem baikan faktor daya motor induksi ini, penulis melakukan pengujian pada motor induksi 1,5 kW. Adapun spesifikasi motor induksi dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Spesifikasi Motor Induksi

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Daya aktif	1,5 kW
2	Tegangan	U 220-240D/380-415Y Volt
3	Efisiensi	82%
4	Frekuensi	50 Hz
5	I nom	6,5/3,75 A
6	Cos phi	0,85-0,79

4.2 Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno

Pengujian mikrokontroler arduino uno dilakukan dengan melihat keberhasilan arduino uno dalam memerintahkan sensor ACS712 dan sensor ZMPT101B dalam mengukur besar arus dan tegangan, keberhasilan arduino uno dalam mengolah data hasil pembacaan sensor, keberhasilan arduino uno dalam memerintahkan relay sehingga dapat memberikan beban kapasitif pada sistem perbaikan faktor daya motor induksi. Adapun keberhasilan arduino uno dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno

No	Kinerja Arduino Uno	Keterangan
1	Memerintah sensor ACS712 untuk mengukur arus	Berhasil
2	Memerintah sensor ZMPT101B untuk mengukur tegangan	Berhasil
3	Memerintahkan relay untuk memberikan beban kapasitif pada sistem	Berhasil
4	Mengolah hasil pembacaan sensor	Berhasil
5	Mengidentifikasi daya nyata motor induksi	Berhasil
6	Memerintahkan output sistem berdasarkan parameter faktor daya	Berhasil

4.3 Pengujian Sensor Tegangan

Pada tahap pengujian sensor tegangan ini dilakukan untuk melihat keberhasilan sistem dalam melakukan pengukuran tegangan, penulis menggunakan motor induksi 1,5 kW sebagai objek penelitian, adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Pengujian Pengukuran Tegangan Dengan Sensor ZMPT101B

Pengujian	Sensor ZMPT101B (Volt)	Alat Ukur (Volt)
1	394.324	392.352
2	394.765	392.791
3	393.237	391.271
4	393.729	391.76
5	394.196	392.225
6	394.957	392.982
7	393.606	391.638
8	394.447	392.475
9	393.76	391.791
10	394.687	392.714

4.4 Pengujian Sensor Arus

Pada tahap pengujian sensor arus ini dilakukan untuk melihat keberhasilan sensor ACS712 dalam melakukan pengukuran arus, penulis menggunakan motor induksi 1,5 kW

sebagai objek penelitian, adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Pengujian Pengukuran Arus Dengan Sensor ACS 712

Pengujian	Sensor ACS712 (Ampere)	Alat Ukur (Ampere)
1	4.306	4.091
2	4.219	4.008
3	3.864	3.67
4	4.212	4.001
5	4.484	4.259
6	4.568	4.34
7	4.314	4.098
8	3.992	3.792
9	4.68	4.446
10	4.77	4.532

4.5 Pengujian Relay

Pengujian relay dilakukan dengan melihat keberhasilan relay dalam menjalankan perintah dari arduino uno. Penulis akan mengamati kinerja relay dengan menguji keberhasilan relay dikondisi close loop dan keberhasilan relay dikondisi open loop. Adapun keberhasilan relay dapat dilihat Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Pengujian Relay

No	Kinerja Relay	Keterangan
1	Mengeksekusi kapasitor bank dalam kondisi <i>close loop</i> pada sistem	Berhasil
2	Mengeksekusi kapasitor bank dalam kondisi <i>open loop</i> pada sistem	Berhasil

4.6 Pengujian Kapasitor Bank

Pada penelitian ini penulis akan melakukan pengujian terhadap kapasitor bank dengan metode operasi manual. Dalam pengujian ini penulis menghubungkan sistem dengan sumber 3 fasa sebagai catu dayanya. Dalam pengujian ini penulis menggunakan beban induktif beberapa peralatan elektronik, penulis akan menguji kinerja kapasitor bank dalam meningkatkan faktor daya pada beban induktif. Adapun pengujian kinerja kapasitor bank terhadap peningkatan faktor daya dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Pengujian KapasitorBank Pemasangan Manual

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos \square	S (VA)	Keterangan
1	394.324	8.27	0.84	1,785.71	Kapasitor 30 uF + 10 uF
2	394.765	8.26	0.81	1,851.85	Kapasitor 30 uF + 5 uF + 2 uF
3	393.237	8.292	0.78	1,923.08	Kapasitor 30 uF + 5 uF
4	393.729	8.282	0.75	2,000.00	Kapasitor 30 uF + 2 uF
5	394.196	8.272	0.59	2,542.37	Kapasitor 10 uF + 5 uF + 2 uF
6	394.957	8.256	0.57	2,631.58	Kapasitor 10 uF + 5 uF
7	393.606	8.285	0.54	2,777.78	Kapasitor 10 uF + 2 uF
8	394.447	8.267	0.51	2,941.18	Kapasitor 5 uF + 2 uF

4.7 Pengujian Sistem Perbaikan Faktor Daya

Pada penelitian ini penulis melakukan pengujian terhadap sistem perbaikan faktor daya pada motor induksi. Dalam pengujian ini penulis menggunakan beban induktif, penulis akan menguji kinerja sistem perbaikan faktor daya otomatis dalam meningkatkan faktor daya pada motor induksi. Adapun pengujian setelah dan sebelum penggunaan sistem perbaikan faktor daya pada motor induksi dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil Pengujian Sebelum Perbaikan Faktor Daya

Pengujian	Daya Semu (VA)	Daya Reaktif (VAR)	Cos \square
1	2,941.18	2,529.92	0.51
2	2,884.62	2,463.94	0.52
3	2,830.19	2,399.99	0.53
4	2,872.46	2,449.70	0.52
5	3,061.22	2,668.54	0.49
6	3,125.00	2,741.46	0.48
7	2,941.18	2,529.92	0.51
8	2,727.27	2,277.72	0.55
9	3,191.49	2,817.02	0.47
10	3,260.87	2,895.39	0.46

Dapat dilihat pada tabel 8 diatas faktor daya sebelum perbaikan relatif rendah, hal ini disebabkan penggunaan beban induktif pada motor induksi. Penulis akan melakukan perbaikan faktor daya dengan sistem perbaikan faktor daya motor induksi yang telah dirancang. Adapun hasil pengujian setelah perbaikan faktor daya dapat dilihat pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Hasil Pengujian Sesudah Perbaikan Faktor Daya

Pengujian	Daya Semu (VA)	Daya Reaktif (VAR)	Cos ϕ
1	1,785.71	968.9	0.84
2	1,807.23	1,008.01	0.83
3	1,785.71	968.9	0.84
4	1,851.85	1,085.98	0.81
5	1,875.00	1,125.00	0.8
6	1,807.23	1,008.01	0.83
7	1,785.71	968.9	0.84
8	1,829.27	1,047.01	0.82
9	1,807.23	1,008.01	0.83
10	1,829.27	1,047.01	0.82

4.8 Analisa Hasil Pengujian Relay

Analisis Hasil pengujian relay dilakukan dengan melihat keberhasilan relay dalam menjalankan perintah dari arduino uno. Penulis akan mengamati kinerja relay dengan menguji keberhasilan relay dikondisi close loop dan keberhasilan relay dikondisi open loop. Adapun hasil pengujian relay dapat dilihat pada tabel 10 berikut.

Tabel 10. Kondisi Relay 4 Channel

Kondisi Relay							
relay 1	rela y 2	rela y 3	rela y 4	Daya (VA)	Cos Phi	Daya (VA)*	Cos Phi*
on	on	off	Off	3.355,70	0,447	1.824,82	0,822
on	off	on	Off	3.112,03	0,482	1.813,78	0,827
on	off	off	Off	2.862,60	0,524	1.785,71	0,841
off	on	on	On	2.354,79	0,637	1.792,11	0,837
off	on	on	Off	2.248,88	0,667	1.770,96	0,847
off	off	on	On	2.032,52	0,738	1.815,98	0,826

Keterangan:

Motor Induksi 1,5kW

Daya (VA)* = Daya nyata setelah perbaikan Cos Phi* = Faktor daya setelah perbaikan

Relay 1 = Kapasitansi 30 mikroF

Relay 2 = Kapasitansi 10 mikroF

Relay 3 = Kapasitansi 5 mikroF

Relay 4 = Kapasitansi 2 mikroF

4.9 Analisa Hasil Pengujian Sistem Perbaikan Faktor Daya

Pada penelitian ini penulis akan menganalisa hasil pengujian sistem perbaikan faktor daya pada motor induksi, data yang dibutuhkan ialah data pengujian sebelum penggunaan sisten dan data setelah penggunaan sisten. Adapun analisa hasil pengujian sistem perbaikan faktor daya dapat dilihat pada Tabel 11 dan penjabaran berikut.

Tabel 11. Hasil Pengujian Sistem

P (Watt)	Cos ϕ	ϕ	Cos ϕ *	ϕ *
1,5 kW	0,51	1,04	0,84	0,57

Penentuan Daya Semu Sebelum Perbaikan Faktor Daya:

$$S1 = \frac{P}{\cos \phi}$$

$$S1 = 2.941,18 \text{ VA}$$

Penentuan Daya Reaktif Sebelum Perbaikan Faktor Daya:

$$Q1 = S1 \times \sin \phi$$

$$Q1 = 2.941,18 \times \sin 1,04$$

$$Q1 = 2.529,92 \text{ VAR}$$

Penentuan Daya Semu Sesudah Perbaikan Faktor Daya:

$$S2 = \frac{P}{\cos \phi}$$

$$S2 = 1.785,71 \text{ VA}$$

Penentuan Daya Reaktif Sesudah Perbaikan Faktor Daya:

$$Q2 = S2 \times \sin \phi^*$$

$$Q2 = 1.785,71 \times \sin 0,57$$

$$Q2 = 968,90 \text{ VAR}$$

Kompensasi Daya Reaktif :

$$Qc = Q1 - Q2$$

$$Qc = 2.529,92 - 968,90$$

$$Qc = 1.561,02 \text{ VAR}$$

Berdasarkan hasil analisis hasil pengujian system perbaikan factor daya pada motor induksi dapat disimpulkan peningkatan $\cos \phi$ hingga 0,84 terjadi karena adanya penurunan daya reaktif sebesar 1.561,02 VAR.

Nilai Kapasitansi Yang Digunakan:

$$C_{(\mu F)} = \frac{159235000 \times Q_{(kVAR)}}{(F \times V^2)}$$

$$= 31,97 \mu F$$

Berdasarkan hasil pengujian sistem perbaikan faktor daya pada motor induksi, relay yang aktif pada pengujian ialah relay 1 dan relay 4 dengan total kapasitansi sekitar 32 mikroF. Dapat disimpulkan hasil analisis pengujian sistem sesuai dengan data hasil pengujian. Penulis melakukan validasi hasil dengan membandingkan nilai kapasitansi terukur dan nilai kapasitansi berdasarkan hasil analisis.

Error(%) Kapasitansi:

$$\text{Error}(\%) = \frac{(\text{Nilai kapasitor} - \text{Hasil analisis})}{\text{Hasil analisis}} \times 100\%$$

$$\text{Error}(\%) = \frac{(32 \mu F - 31,97 \mu F)}{32 \mu F} \times 100\%$$

$$= 0,093\%$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini didapatkan pada hasil dari pengujian dan analisa adalah sebagai berikut:

1. Sistem perbaikan faktor daya otomatis ini dapat terintegrasi secara sistematis dimana sensor ACS712 dapat mengukur arus listrik, sensor ZMPT101B dapat mengukur tegangan dan relay dapat mengatur switching berdasarkan besar faktor daya penggunaan normal.
2. Peningkatan faktor daya maksimal terjadi pada saat relay 1 dan relay 2 berada pada kondisi on dengan nilai kapasitansi 40 μF , dimana nilai kompensasi daya reaktif sekitar 1.952,98 VAR dapat meningkatkan faktor daya yang sebelumnya sekitar 0,45 menjadi 0,84.
3. Berdasarkan analisa hasil pengujian, sistem perbaikan faktor daya ini memiliki tingkat ketelitian yang cukup tinggi dengan persentase kesalahan terbesar sekitar 6,67% yang terjadi pada pengujian ke-4, akan tetapi 9 pengujian lainnya memiliki persentase kesalahan dibawah 5% sehingga dapat disimpulkan keberhasilan sistem perbaikan faktor daya dengan persentase kesalahan hasil pengukuran dibawah 5% memiliki probabilitas sekitar 90%.

5.2 Saran

Untuk mengembangkan penelitian ini maka saran yang bisa dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan LCD dengan matriks yang lebih besar lagi sehingga dapat menampilkan informasi yang lebih lengkap secara realtime.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan media penyimpanan yang berfungsi untuk merekap data hasil pengukuran secara berkala, penggunaan media penyimpanan dapat memudahkan pengguna dalam menganalisa kualitas faktor daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Mochtar Wijaya, 2001, *Dasar Mesin Listrik*. p. 200.
- [2]. Zuhail, 2000, *Dasar Tenaga Listrik Amp Elektronika Daya*. p. 264.
- [3]. O. F. Ruiz-Martinez and H. E. Gilardi-Velazquez, 2020, Simple design of a PFC Device based on Switched Capacitors using Analog and Digital Circuits, IEEE ANDESCON, p.1-5.

- [4]. D. Pubudunee and S. Ediriweera, 2021, *An Investigation On Improvement Of Power Factor: A Case Study*, in International Conference on Innovation and Emerging Technologies.
- [5]. D Meidiasha, M Rifan, M Subekti, 2020,- Journal of Electrical Vocational journal. unj.ac.id
- [6]. D. Pubudunee and S. diriweera, 2021, *A Case Study On Improvement Of Power Factor Of An Industrial Load*, in 2021 3rd International Symposium on Material and Electrical Engineering Conference.
- [7]. F Supegina, D Sukindar - Jurnal Teknologi Elektro, 2014 - publikasi.mercubuana.ac.id
- [8]. Zaidi, Maryam Nabihah and Ali, Adlan, 2018, *Power Factor Improvement Using Automatic Power Factor Compensation (Apfc) Device For Medical Industries In Malaysia*,” MATEC Web of Conferences, vol. 150, p. 01004.
- [9]. K. Subramanian and S. Tandon, 2018, *Power Factor Correction Using Capacitors And Filters*, International Journal of Engineering and Technology, vol. 7,p. 234, 04.
- [10]. M. H. Riaz, M. Zeeshan, H. ul Banna, T. Kamal, and S. A. H. Shah, 2017, *Demand Side Management Using Different Energy Conservation Techniques*, in 2017 International Multi-topic Conference (INMIC), pp. 1–4.
- [11]. A. A. Ghani, V. K. Ramachandaramurthy, and J. Y. Yong, “Design of a master power factor controller for an industrial plant with solarphotovoltaic and electric vehicle chargers,” *Electrical Engineering*, vol. 104, no. 1, pp. 13–25, 2022.