



# JASEE

## Journal of Application and Science on Electrical Engineering

<https://jurnal.widyagama.ac.id/index.php/jasee/index>



### PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA BEBAN LISTRIK SKALA RUMAH TANGGA DENGAN METODE FUZZY LOGIC

Fachrudin Hunaini<sup>1</sup>, Andhika Ridho Adisyahudin<sup>2</sup>, Sabar Setiawidayat<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro Universitas Widyagama, Malang

Corresponding author, email: [fachrudin\\_h@widyagama.ac.id](mailto:fachrudin_h@widyagama.ac.id)

#### Abstract

The use of electrical energy is very important for household needs. The greater the use of electrical loads, the greater the need for electrical energy. Every electrical load has a power factor. A low power factor value  $<0.8$  causes power and current usage to be less than optimal. This can be caused by the large use of inductive loads such as electric pumps, electric heaters, TL lamps, and so on. To overcome this, it is necessary to improve the power factor by using capacitors. In this paper, power factor improvement is designed using the Fuzzy Logic method as a data processor embedded in the microcontroller to determine the capacitor variable supported by a sensor to read the values of current, voltage, power,  $\cos\phi$ , and frequency in the electric current as input to the microcontroller and a combination of relays as output to determine the best capacitor value so that the power factor is improved to  $> 0.8$ .

**Keywords:** Power Factor, Fuzzy Logic Control, Capacitors.



p-ISSN : 2721-3625

e-ISSN : 2721-320X

#### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik sangat penting bagi kebutuhan rumah tangga. Seiring dengan perkembangan teknologi saat ini maka semakin meningkat penambahan beban listrik dan kebutuhan energi listrik [1]. Untuk itu perlu dibarengi dengan peningkatan kualitas daya, efisiensi penggunaan beban listrik dan kehandalan sistem untuk mendukung penggunaan energi listrik yang optimal. Mayoritas berbagai beban listrik rumah tangga adalah bersifat induktif sebagai contoh adalah pompa listrik, setrika listrik, mesin pendingin, mesin pemanas, beban-beban listrik lainnya yang memiliki unsur lilitan/kumparan kawat di dalamnya sehingga berpengaruh pada penurunan faktor daya listrik menjadi rendah dan peningkatan daya reaktif [2]. Salah satu upaya untuk memperbaiki faktor daya yang rendah adalah diperlukan kompensator daya reaktif menggunakan kapasitor, namun nilai kapasitor yang diperlukan berfluktuasi seiring dengan dinamika faktor daya dari beban yang sedang digunakan. Oleh karena itu diperlukan metode penentuan nilai kapasitor yang dapat mengikuti dinamika faktor daya dari beban yang sedang digunakan.

<https://doi.org/10.31328/jasee>

Received: 03-10-2023

Revised: 03-10-2023

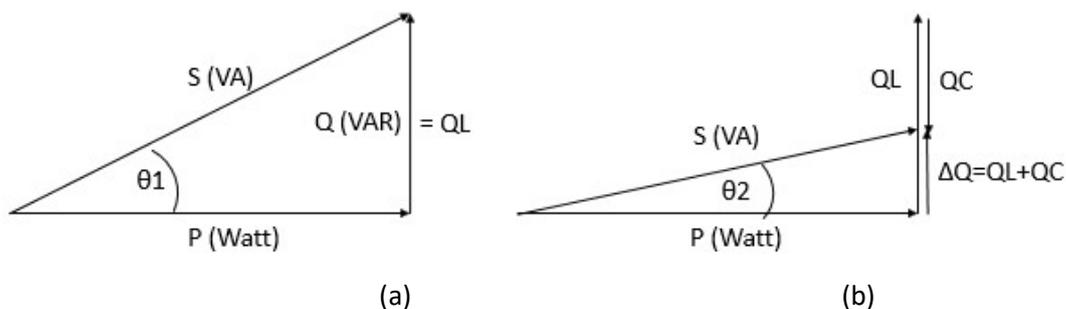
Accepted: 04-10-2023, published by ©UWG Press tahun

Artificial Intelligence sebagai salah satu bagian ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan sebaik yang dilakukan oleh manusia. Penggunaan Artificial Intelligence sangat membantu dalam mempercepat proses sistem kontrol dalam hal ini *Fuzzy Logic Control* (FLC) adalah sistem kontrol yang sangat handal untuk pengendalian sistem karena dapat menghasilkan output yang lebih optimal di banding metode – metode lain [3] selain itu, bila dibandingkan dengan metode konvensional, kelebihan fuzzy logic adalah kemampuannya dalam proses penalaran secara bahasa [4].

Oleh karena itu paper ini membahas peran FLC untuk perbaikan faktor daya rendah ( $\cos \phi < 0,8$ ) [5][6] yang ditimbulkan oleh beban peralatan elektrik rumah tangga dengan menentukan nilai kapasitor yang sesuai untuk meningkatkan kualitas Faktor Daya yang rendah hingga dicapai standar ( $\cos \phi > 0,80$ ) [7] dengan menggunakan metode FLC sebagai metode kontrol untuk mendukung penentuan nilai kapasitor yang sesuai.

## 2. KUALITAS DAYA

Daya dalam rangkaian DC adalah perkalian antara arus dan tegangan sedangkan Daya dalam rangkaian AC adalah suatu nilai sesaat dari perkalian antara arus dan tegangan efektif dari dalam satu periode, namun bila terdapat reaktansi dalam rangkaian AC, arus dan tegangan tidak sefase melainkan arus tertinggal terhadap tegangan. Hal ini menyebabkan besarnya daya kurang dari nilai perkalian arus dan tegangan efektif. Perkalian arus dan tegangan efektif dalam rangkaian AC dinyatakan dalam voltampere (VA) atau daya semu. Daya yang berguna atau daya dalam watt (P) diperoleh bila perkalian arus dan tegangan efektif dikalikan dengan faktor daya ( $\cos \phi$ ) sedangkan daya reaktif (Q) dalam voltampere reaktif (VAR) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1. sudut  $\theta$  adalah sudut antara arus dan tegangan.



Gambar 1. Segitiga Daya dan Perbaikan Daya Reaktif

Faktor daya adalah nilai dari  $\cos$  sudut antara arus dan tegangan. Nilai Faktor daya yang rendah dapat diperbaiki dengan memasang kapasitor sebagai koreksi faktor daya pada sistem rangkaian listrik. Kapasitor bertindak sebagai pembangkit daya reaktif untuk mensuplai kebutuhan kVAR pada beban induktif [2]. Pada gambar 1.a. menunjukkan segitiga daya dengan daya reaktif (QL) yang besar akibat adanya beban Induktif dengan sudut fasa  $\theta_1$  yang besar atau nilai  $\cos \theta_1$  menjadi kecil ( $< 0.8$ ). Pada gambar 1.b. adalah segitiga daya yang telah diperbaiki faktornya sehingga sudut fasanya  $\theta_2$  menjadi lebih kecil atau nilai  $\cos \theta_2$  menjadi besar ( $> 0.8$ ). Perbaikan faktor daya ini dilakukan dengan melawan vektor daya reaktif (QL) akibat beban induktif dengan vektor daya reaktif

(QC) menggunakan reaktansi kapasitif dengan penambahan komponen kapasitor sehingga diperoleh resultan vektor daya reaktif menjadi  $\Delta Q$ .

Untuk menghitung besar nilai kompensasi daya reaktif (QC) dan kapasitansi nilai kapasitor sehingga diperoleh nilai faktor daya ( $\cos \phi > 0,8$ ) maka  $\cos \theta_2$  harus ditetapkan sedemikian hingga bernilai  $> 0.8$  dan dirumuskan pada persamaan 1, 2 dan 3 berikut :

Kompensasi Daya Reaktif Kapasitif:

$$QC = P \cdot x \tan (\cos^{-1} \theta_1 - \cos^{-1} \theta_2) \text{ (VAR) } \dots\dots\dots(1)$$

Reaktansi Kapasitif:

$$X_c = V^2 / QC \text{ (Ohm)} \dots\dots\dots(2)$$

Nilai Kapasitansi:

$$C = 1 / 2\pi f X_c \text{ (Farad)} \dots\dots\dots(3)$$

Nilai kapasitansi yang diperoleh dari hasil perhitungan akan diterapkan pada ketersediaan komponen kapasitor di pasaran, namun bila penggunaan beban listrik setiap hari selalu berubah, hal ini akan menyebabkan perubahan nilai faktor daya dan nilai kapasitansi yang dibutuhkan. Untuk mendapatkan pendekatan nilai kapasitansi hasil perhitungan dengan ketersediaan kapasitor maka diperlukan kombinasi susunan kapasitor secara seri dan paralel. Pada kenyataannya penggunaan beban listrik setiap hari selalu berubah dan secara kontinyu nilai kapasitansi juga harus menyesuaikan. Oleh karena itu diperlukan ketersediaan sejumlah kapasitor yang siap dikombinasi secara seri dan paralel. Pemilihan hubungan kapasitor secara seri atau paralel sehingga mendekati nilai kapasitansi yang dibutuhkan digunakan relay sebagai saklar mekanik untuk penghubung dan pemutus kombinasi rangkaian kapasitor [8] [9].

### 3. METODE FLC UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA

Metode berisi informasi tentang pelaksanaan penelitian, termasuk alur pelaksanaan penelitian, variabel dalam penelitian, blok diagram, model, flow chart, alat yang digunakan, materi yang digunakan, tempat penelitian dan hal-hal lain yang dianggap perlu [7].

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

FLC adalah metode sistem kontrol untuk pemecahan masalah dari peningkatan logika Boolean yang mengenalkan konsep logika klasik yang menyatakan bahwa himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak) menjadi bernilai kabur dimana FLC memiliki suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan [10]. Struktur dasar dari pengendali FLC terdiri dari Fuzzifikasi, Fuzzy Rule Base, Inferensi dan Defuzzifikasi.

Fuzzifikasi adalah suatu proses untuk mengambil nilai crisp input yaitu mengubah masukan - masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti menjadi nilai fuzzy input[11].

Fuzzy Rule base mempunyai fungsi penting dalam pengendalian dengan FLC karena semua proses: fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi bekerja berdasarkan pengetahuan yang ada pada fuzzy rule base. Fuzzy rule base dibagi dua, yaitu data base dan rule base. Data Base berisi definisi-definisi penting mengenai parameter fuzzy seperti himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaannya yang telah didefinisikan [12].

Inferensi adalah proses mensimulasikan pengambilan keputusan manusia berdasarkan konsep fuzzy.

- a) Penalarannya menyerupai intuisi atau perasaan manusia.
- b) Proses perhitungannya cukup kompleks sehingga membutuhkan waktu relatif lama.
- c) Menghasilkan ketelitian yang tinggi [12].

Defuzzifikasi mengubah fuzzy output menjadi nilai crisp output. Sebelum defuzzifikasi, harus dilakukan proses composition [12].

Mikrokontroler merupakan chip pintar yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan dapat menyimpan program yang berjalan. Mikrokontroler mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang dapat ditulis dan dihapus [13]. Arduino UNO merupakan papan sirkuit berbasis mikrokontroler ATmega328 [14]. Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu *hardware* dan *software* [13].

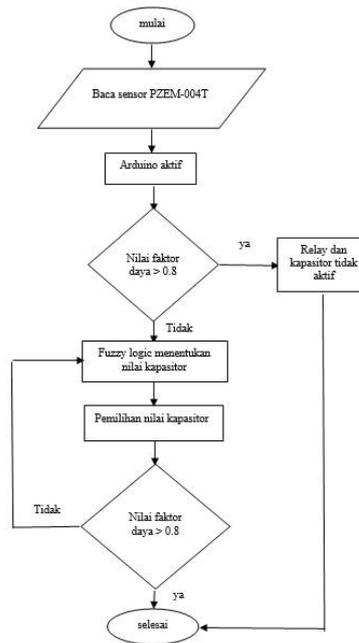
Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah *software* yang digunakan untuk memprogram di Arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk memprogram *board* Arduino. Kode program yang digunakan pada Arduino disebut dengan istilah Arduino “*sketch*” atau disebut juga *source code* Arduino, dengan ekstensi *file source code.ino*. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan *library C/C++* yang biasa disebut *Wiring* yang membuat operasi *input* dan *output* menjadi lebih mudah [14].

Penerapan FLC untuk perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan mensimulasikan terlebih dahulu menggunakan aplikasi Matlab yang selanjutnya hasil simulasi diterapkan pada hardware. Diagram blok sistem perbaikan faktor daya menggunakan FLC dapat dilihat pada gambar 2.



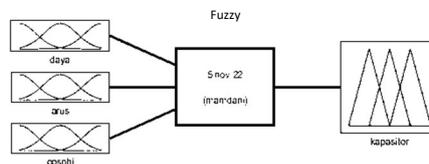
Gambar 2. Diagram Blok Sistem Perbaikan Fakrot Daya menggunakan FLC

Pada diagram blok, sensor PZEM-004T sebagai input pada mikrokontroler untuk mendeteksi nilai tegangan, arus, daya, dan faktor daya, sehingga FLC akan menghitung nilai kapasitor yang dibutuhkan. Mikrokontroler akan memproses nilai tersebut untuk pemilihan nilai kapasitor yang optimal menggunakan relay hingga faktor daya baik  $> 0.8$ . Proses FLC dalam melakukan perbaikan faktor daya pada mikrokontroler sebagaimana Flowchart Sistem pada Gambar 3.



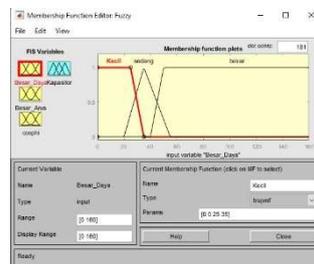
Gambar 3. Flowchart Sistem

Simulasi menggunakan Sistem kendali FLC di rancang pada matlab dengan menggunakan tiga input membership function (MF) yaitu; daya, arus, Faktor daya dan satu output membership function (MF) yaitu nilai kapasitor seperti pada Gambar 4.



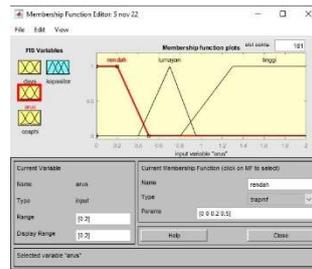
Gambar 1. Diagram Blok FLC

Membership function sebagai input daya terdiri dari tiga himpunan daya dengan language term yaitu Kecil (trapezoidal), Sedang (triangular) dan Besar (trapezoidal) seperti pada Gambar 5.



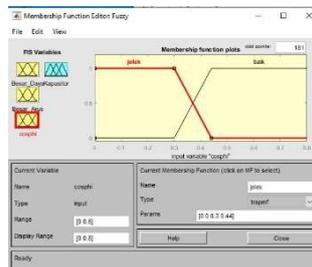
Gambar 2. Input Daya FLC

Membership function sebagai input arus terdiri dari tiga himpunan arus dengan language term yaitu Rendah (trapezoidal), Sedang (triangular), Tinggi (trapezoidal) seperti pada Gambar 6.



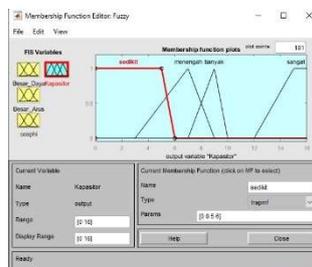
Gambar 3. Input Arus FLC

Membership function sebagai input faktor daya ( $\cos\phi$ ) terdiri dari dua himpunan faktor daya dengan language term yaitu Rendah (trapezoidal) dan Tinggi (trapezoidal) seperti pada Gambar 7.



Gambar 4. Input Cosphi FLC

Membership function sebagai output nilai kapasitor terdiri dari empat himpunan nilai kapasitor dengan language term yaitu Sedikit (trapezoidal), Menengah (triangular), Banyak (triangular) dan Sangat banyak (trapezoidal) seperti pada Gambar 8.



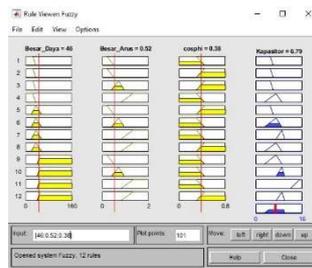
Gambar 5. Output Kapasitor FLC

Rule Base merupakan beberapa kemungkinan yang dapat terjadi sebagai hubungan sebab akibat antara membership function input dan output. Rule Base yang didesain adalah seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Rule Base FLC

Rules	Daya	Arus	Cosphi	Kapasitor
1	Kecil	Rendah	Rendah	Sedikit
2	Kecil	Rendah	Baik	Sedikit
3	Kecil	Sedang	Baik	Sedikit
4	Kecil	Tinggi	Rendah	Menengah
5	Sedang	Rendah	Baik	Sedikit
6	Sedang	Sedang	Rendah	Menengah
7	Sedang	Tinggi	Rendah	Banyak
8	Sedang	Tinggi	Baik	Menengah
9	Besar	Rendah	Rendah	Menengah
10	Besar	Sedang	Rendah	Banyak
11	Besar	Tinggi	Rendah	Sangat
12	Besar	Tinggi	Baik	Banyak

Simulasi dilakukan dengan memasukkan input nilai daya, arus, cosphi, untuk mendapatkan nilai output yakni nilai kapasitor seperti gambar 9.



Gambar 6. Rule Viewer FLC

#### 4. PENGUJIAN HASIL SIMULASI

Penerapan Hasil Simulasi pada hardware dilakukan dengan menggunakan variasi beban lampu TL 36 Watt, 18 Watt, 15 Watt, dan 10 Watt. Pengujian dilakukan sebanyak 15 kali pengujian dengan variasi beban yang berbeda sebagai standar minimal pengukuran untuk setiap besaran.

Tabel 2. Arus, Daya dan Faktor Daya Pada Beban Lampu TL.

Pengujian	Beban	Nilai Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Faktor Daya (Cosphi)
1	A	0,38 A	47,70 W	0,53
2	B	0,51 A	45,70 W	0,38
3	C	0,33 A	29,00 W	0,37
4	D	0,52 A	41,00 W	0,34
5	A+B	0,92 A	92,50 W	0,43
6	A+C	0,74 A	74,90 W	0,43

7	A+D	0,92 A	87,10 W	0,41
8	B+C	0,89 A	74,20 W	0,36
9	B+D	1,07 A	86,10 W	0,35
10	C+D	0,90 A	69,20 W	0,33
11	A+B+C	1,28 A	120,20 W	0,41
12	A+B+D	1,46 A	130,60 W	0,39
13	A+C+D	1,29 A	115,30 W	0,39
14	B+C+D	1,44 A	113,50 W	0,34
15	A+B+C+D	1,82 A	158,40 W	0,38
Keterangan :				
Beban A : Lampu TL 36 Watt				
Beban B : Lampu TL 18 Watt				
Beban C : Lampu TL 15 Watt				
Beban D : Lampu TL 10 Watt				

Pengukuran nilai rangkaian kapasitor untuk memperbaiki nilai faktor daya.

Tabel 3. Pengujian Kapasitor.

RELAY	NILAI KAPASITOR	RANGKAIAN KAPASITOR
A	0.7	2 kapasitor seri
B	1.7	1 kapasitor
C	0.48	3 kapasitor seri
D	2.8	2 kapasitor parallel
E	4.8	3 kapasitor parallel
F	6	4 kapasitor parallel

Tabel 4. Nilai Kombinasi Kapasitor.

KOMBINASI	NILAI	KOMBINASI	NILAI	KOMBINASI	NILAI
C	0.48	AF	6.7	BCDF	10.98
A	0.7	CF	6.48	CEF	11.28
AC	1.18	BE	6.5	ABCDF	11.68
B	1.7	ACF	7.18	ACEF	11.98
BC	2.18	ABE	7.2	ABCEF	13.68
AB	2.4	BF	7.7	ABEF	13.2
D	2.8	DE	7.6	DEF	13.6
ABC	2.88	CDE	8.08	BCEF	12.98
AD	3.5	ADE	8.3	ADEF	14.3
CD	3.28	ABF	8.4	BDEF	15.3
ACD	3.98	DF	8.8	BEF	12.5
BD	4.5	ACDE	8.78	CDEF	14.08
ABD	5.2	ADF	9.5	BDF	10.5

AE	5.5	ABCF	8.88	BCDEF	15.78
CE	5.28	ABCE	7.68	ABCDEF	16.48
ACE	5.98	CDF	9.28	ACDEF	14.78
F	6	EF	10.8	ABDEF	16
E	4.8	ABCDE	10.48		
ABCD	5.68	AEF	11.5		

Pengujian sistem adalah pengujian semua komponen yang dirangkai menjadi sebuah prototipe yang kemudian diberi beban lampu TL yang bervariasi sehingga prototipe ini dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Pada Tabel 5 menunjukkan perbaikan faktor daya yang semula 0.50 menjadi 0,92 dengan 3 relay aktif dengan nilai 3  $\mu$ F. Berikut pengujian perbaikan faktor daya dengan beban Lampu TL.

Tabel 5. Pengujian Perbaikan Faktor Daya

No	Beban	Data Pengukuran								Nilai Kapasitor (μF)
		Tegangan (VAC)		Daya aktif (Watt)		Arus (Ampere)		Cosphi		
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	
1	A	228 V	229 V	46 W	47 W	0.4 A	0.22 A	0.5	0.92	3 μF
2	B	228 V	229 V	46 W	46 W	0.52 A	0.22 A	0.38	0.89	6.82 μF
3	C	228 V	229 V	29 W	29 W	0.34 A	0.14 A	0.37	0.87	4.49 μF
4	D	226 V	229 V	39 W	40 W	0.53 A	0.2 A	0.32	0.85	7.09 μF
5	A+B	227 V	229 V	90 W	91 W	0.93 A	0.43 A	0.42	0.93	10.13 μF
6	A+C	227 V	229 V	76 W	76 W	0.75 A	0.35 A	0.44	0.93	8.66 μF
7	A+D	226 V	229 V	87 W	86 W	0.93 A	0.45 A	0.41	0.83	11.54 μF
8	B+C	227 V	228 V	74 W	73 W	0.89 A	0.36 A	0.36	0.89	10.61 μF
9	B+D	227 V	228 V	86 W	85 W	1.07 A	0.43 A	0.35	0.87	11.90 μF
10	C+D	226 V	229 V	70 W	69 W	0.9 A	0.34 A	0.34	0.88	11.61 μF
11	A+B+C	227 V	228 V	118 W	118 W	1.31 A	0.58 A	0.39	0.89	11.01 μF
12	B+C+D	228 V	227 V	115 W	113 W	1.44 A	0.56 A	0.35	0.87	12.10 μF
13	A+B+C+D	229 V	228 V	160 W	160 W	1.9 A	0.89 A	0.36	0.78	12 μF
14	A+C+D	228 V	229 V	116 W	115 W	1.30 A	0.57 A	0.39	0.88	11.37 μF
15	A+B+D	226 V	228 V	131 W	131 W	1.48 A	0.70 A	0.39	0.82	11.69 μF
Keterangan : Beban A : Lampu TL 36 Watt  Beban B : Lampu TL 18 Watt Beban C : Lampu TL 15 Watt Beban D : Lampu TL 10 Watt										

Tabel 5. Menunjukkan hasil pengujian didapatkan nilai faktor daya adalah baik yaitu > 0.8 setelah diperbaiki. Selain itu, memiliki perbedaan pada nilai arus ketika kapasitor aktif, nilai arus akan lebih rendah dibandingkan nilai arus sebelum kapasitor aktif.

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem perbaikan faktor daya menggunakan FLC maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Prototipe terdiri dari sensor PZEM-004t untuk membaca nilai arus, tegangan, daya, cosphi, dan frekuensi beban sebagai input pada Arduino UNO untuk memproses data menggunakan metode FLC dan menghasilkan output berupa variabel kapasitor dengan menggunakan relay sehingga Prototipe dapat bekerja memperbaiki faktor daya menjadi > 0,8 dengan memperkecil nilai arus.
2. Metode FLC yang digunakan memiliki 3 input MF yang meliputi nilai daya, arus, dan cosphi dengan satu output yaitu nilai kapasitor.
3. Hasil pengujian pada beban variasi lampu TL dapat meningkatkan faktor daya rendah menjadi > 0.8 dengan penambahan variasi kapasitor.

#### DAFTAR RUJUKAN

- [1] Wahid A., Junaidi, and Arsyad M., "Analisis Kapasitas Dan Kebutuhan Daya Listrik Untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik Di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura," *Tek. Elektro UNTAN*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [2] A. Dani and M. Hasanuddin, "Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif," *Sekol. Tinggi Teknol. Sinar Husni*, vol. 998, no. September, 2018.
- [3] D. Kurnia and F. Kesumaningtyas, "Penerapan Fuzzy Logic Dalam Pencarian Jalur Terbaik Menuju Lokasi Wisata Di Kota Bukittinggi," *J. Teknoif*, vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2017, doi: 10.21063/jtif.2017.v5.2.1-7.
- [4] A. D. P. Putri and Effendi, "Fuzzy Logic Untuk Menentukan Lokasi Kios Terbaik Di Kepri Mall Dengan Menggunakan Metode Sugeno," *Tek. Inform. Univ. Puter. Batam*, vol. 3, pp. 49–59, 2017.
- [5] M. K. Nizam and T. Rijanto, "Analisis Perbaikan Kualitas Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Lumumba PT.PLN Ngagel Surabaya," *Univ. Negeri Surabaya*, vol. 08, no. 1, pp. 655–662, 2019.
- [6] Rusda and K. Karim, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Energi Listrik Pada Politeknik Negeri Samarinda," *Politek. Negeri Samarinda*, pp. 1–9, 2017.
- [7] P. Angga Juliantara, I. W. Arta Wijaya, and C. G. Indra Partha, "Rancang Bangun Kapasitor Bank Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega 328P Untuk Perbaikan Faktor Daya," *J. SPEKTRUM*, vol. 5, no. 1, p. 157, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i01.p23.
- [8] A. Furqon, A. B. Prasetijo, and E. D. Widiyanto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Daya Listrik pada Rumah Kos Menggunakan NodeMCU dan Firebase Berbasis Android," *Ilm. Elektrotek.*, vol. 18, no. 02, pp. 93–104, 2019, doi: 10.31358/techne.v18i02.202.
- [9] M. T. prasetyo Luqman, "Efektifitas Pemasangan Kapasitor Sebagai Metode Alternatif Penghemat Energi Listrik," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 66–73, 2010.
- [10] S. T. W. Apriyanto, F. Hunaini, and D. U. Effendy, "Rancang Bangun Pemantauan Dan Pengendalian Ph Limbah Cair Dengan Metode Fuzzy Secara Wireless," *Univ. Widyagama Malang*, no. 2, pp. 1–8, 2019.
- [11] M. Zakqi, H. Aditya, F. Hunaini, and S. Setiawidayat, "Optimisasi Fuzzy Logic Control Menggunakan Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization (Qpso) Pada Sistem Kendali Kecepatan Motor Dc," *Univ. Widyagama Malang*, vol. 26, no. 1, pp. 1–15, 2018.
- [12] N. Febrianto, E. Susanto, and A. S. Wibowo, "Rancang Bangun Kontrol Suhu Air Pada Prototipe Pemanas Air Menggunakan Logika Fuzzy," *Univ. Telkom*, vol. 3, no. 3, pp. 4253–4260, 2016.
- [13] D. Lumbantoruan, F. Silalahi, A. Sembiring, and J. Silitonga, "Rancang Bangun Prototype Meteran Listrik Prabayar," *Inst. Teknol. Del*, pp. 200–208, 2014.
- [14] P. Handoko, "Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3," *Univ. Pembang. Jaya*, pp. 1–2, 2017.