

Perancangan Lampu Jalan Dengan Panel Surya Terintegrasi Dan Pengaturan Otomatis Intensitas Cahaya

Miftachul Ulum¹, Khoiril Ogik Saputra², Adi Kurniawan Saputro³,
Dian Neipa Purnamasari⁴, Achmad Fiqhi Ibadillah⁵

^{1,2*,3} Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan
miftachululum@gmail.com¹, ogick12@gmail.com², adikurniawansaputro@gmail.com³

Article Info

Article history:

Received January 27th, 2024

Revised February 23th, 2024

Accepted March 55th, 2024

Keyword:

Solar Cells,
Solar Charge Controller,
Inverter,
Wiper,
Fuzzy

ABSTRACT

Indonesia is a country that has a tropical climate and is located on the equator and gets abundant sunlight all year round. So the use of solar energy as an alternative energy is very popular and is starting to be developed in all corners of the country by carrying out a lot of research and testing. In this research, solar cells are used as a source of electrical energy for street lights. The function of these components is SCC (solar charge controller) which regulates and controls the battery charging process, electrical energy is stored in the battery which functions to supply electrical power at night. The inverter functions to change direct current (DC) into alternating current (AC). The photocell sensor functions to regulate the lights, during the day the lights will turn off and turn on at night. There is a passive infrared receiver (PIR) sensor used to detect human presence. This sensor is used to control the light intensity of the lamp, if it is not detected by humans, the lamp will turn on normally. If human presence is detected, the lights will turn on brightly. There is also an automatic solar panel cleaner using a wiper which functions when the solar panels are dirty. The detection method uses current and voltage sensors, when sunlight received by the solar panel and the resulting electric current voltage decreases, the wiper will automatically activate to clean dirty solar panels, thereby maintaining optimal solar panel performance. The solar panel is equipped with a support/pole feature that is designed to go up and down, which makes it easier to use and does not require using a ladder during the maintenance process. The method used in this research is fuzzy. The fuzzy method is used for decision making on wiper conditions. In the research results, the results of this system were obtained from 12 trials of tool measurement results, Matlab simulations, and manual fuzzy logic calculations with a success rate of 91.6%.

Copyright © 2024 FORTEI Regional VII Jawa Timur.
All rights reserved.

Abstrak— Indonesia merupakan negara yang memiliki iklim tropis dan terletak dalam jalur khatulistiwa yang sepanjang tahun mendapatkan cahaya matahari yang berlimpah. Sehingga pemanfaatan energi matahari sebagai energi alternatif sangat diminati dan mulai dikembangkan di seluruh pelosok negeri dengan melakukan banyak sekali penelitian serta pengujian. Dalam penelitian ini memanfaatkan solar cell sebagai sumber energi listrik pada lampu jalan. Fungsi dari komponen-komponen tersebut yaitu SCC (solar charge controller) yang mengatur dan mengontrol saat proses charging baterai, energi listrik disimpan dalam baterai yang berfungsi untuk mensuplay daya listrik saat malam hari. Inverter berfungsi mengubah arus direct current (DC) menjadi alternating current (AC). Photocell sensor berfungsi untuk mengatur nyala lampu, pada saat siang hari lampu akan mati dan menyala pada saat malam hari. Terdapat sensor passive infrared receiver (PIR) digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia. Sensor ini digunakan untuk mengontrol intensitas cahaya lampu, apabila tidak terdeteksi manusia maka lampu akan menyala normal. Jika terdeteksi keberadaan manusia maka lampu akan menyala terang. Terdapat juga pembersih panel surya otomatis menggunakan wiper yang berfungsi ketika panel surya kotor. Cara pendeteksiannya menggunakan sensor arus dan tegangan, pada saat cahaya matahari yang diterima panel surya dan tegangan arus listrik yang dihasilkan mengalami penurunan maka wiper

akan otomatis akif untuk membersihkan panel surya yang kotor, sehingga menjaga kinerja panel surya secara optimal. Panel surya dilengkapi dengan fitur penyangga / tiang yang didesain dapat naik turun, yang berfungsi untuk memudahkan ketika dan tidak perlu menggunakan tangga saat proses maintenance. Untuk metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu fuzzy. Metode fuzzy digunakan untuk pengambilan keputusan pada kondisi wiper. Pada hasil penelitian diperoleh hasil dari sistem kali ini dari 12 kali percobaan hasil pengukuran alat, simulasi matlab, dan perhitungan logika fuzzy secara manual dengan tingkat keberhasilan 91,6%.

Kata Kunci— Solar Cells, solar charge controller, inverter, Wiper, Fuzzy

1. PENDAHULUAN

Matahari merupakan sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan. Karena letak geografis Indonesia yang berada di atas garis khatulistiwa, energi matahari sangat cocok untuk negara tropis seperti di negara Indonesia. Oleh karena itu, Indonesia memiliki potensi memperoleh energi surya yang sangat besar. Seiring dengan perkembangan teknologi, fenomena tersebut dapat dimanfaatkan dengan adanya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atau lebih dikenal dengan Panel Surya (Solar Cells). Dengan adanya panel surya ini merupakan energi alternatif dan ramah lingkungan yang dapat mengubah energi surya menjadi listrik sehingga masyarakat tidak ketergantungan terhadap listrik yang bersumber dari gas alam yang dapat habis jika dikonsumsi terus-menerus.

Solar cells atau panel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. Photovoltaic adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Efek photovoltaic pertama kali ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839, efek photovoltaic adalah sebuah fenomena dimana suatu sel photovoltaic dapat menyerap energi cahaya kemudian merubahnya menjadi energi listrik. Selain pada Solar cells, fenomena ini dapat pula diamati disaat menjemur sebuah diode dan pada kedua kaki. Menurut bahasa, kata Photovoltaic berasal dari bahasa Yunani photos yang berarti cahaya dan volta yang merupakan nama ahli fisika dari Italia yang menemukan tegangan listrik. Secara sederhana dapat diartikan sebagai listrik dari cahaya. Photovoltaic merupakan sebuah proses untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Proses ini bisa dikatakan kebalikan dari penciptaan laser.[1] Dengan perkembangan teknologi, proses rancang bangun panel surya dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumbernya serta dilengkapi dengan lampu LED (Light Emitting Diode) sebagai penerang jalan dan terdapat CCTV (Close Circuit Television) yang berfungsi sebagai informan yang dapat dikontrol lewat smartphone. Proses perancangan panel surya ini sangat cocok digunakan di daerah yang belum terjangkau listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara) terutama di daerah terpencil.

Panel surya (Solar Cells) merupakan energi alternatif yang murah dan terjangkau untuk digunakan sumber energi listrik karena menggunakan sumber energi gratis dan tak terbatas dari alam yaitu energi surya atau energi matahari. Cara kerja dari Panel Surya (Solar

Cells) sebagai penerima sinar/cahaya matahari yang kemudian dikonversikan menjadi energi listrik yang disimpan dalam baterai. Pada saat pagi hingga sore hari, panel surya menangkap sinar matahari dalam proses charging baterai. Pada saat malam hari, baterai yang sudah terisi akan dijadikan sebagai sumber listrik bisa digunakan untuk penerangan atau kebutuhan rumah tangga lainnya yang membutuhkan listrik sebagai sumber energinya.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang penulis temukan di lingkungan sekitar, maka penulis melakukan penelitian dengan judul “Perancangan Lampu Jalan Dengan Panel Surya Terintegrasi Dan Pengaturan Otomatis Intensitas Cahaya”. Dengan lampu penerang jalan tenaga surya yang lebih hemat dan ramah lingkungan diharapkan dapat membantu user baik dari kalangan masyarakat umum hingga instansi terkait. Perbedaan dan pembaruan dari penelitian sebelumnya yaitu terdapat sensor passive infrared receiver (PIR) digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia. Sensor ini digunakan untuk mengontrol intensitas cahaya lampu, apabila tidak terdeteksi manusia maka lampu akan menyala normal. Jika terdeteksi keberadaan manusia maka lampu akan menyala terang. Terdapat juga pembersih panel surya otomatis menggunakan wiper yang berfungsi ketika panel surya kotor. Cara pendeteksiannya menggunakan sensor arus dan tegangan, pada saat cahaya matahari yang diterima panel surya dan tegangan arus listrik yang dihasilkan mengalami penurunan maka wiper akan otomatis akif untuk membersihkan panel surya yang kotor, sehingga menjaga kinerja panel surya secara optimal. Panel surya dilengkapi dengan fitur penyangga / tiang yang didesain dapat naik turun, yang berfungsi untuk memudahkan ketika dan tidak perlu menggunakan tangga saat proses maintenance. Untuk metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu fuzzy. Metode fuzzy digunakan untuk pengambilan keputusan pada kondisi wiper.

2. METODE PENELITIAN

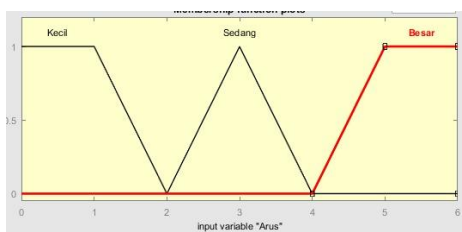
A. Dasar Teori

1) Metode *Fuzzy*

Sistem kontrol logika fuzzy yang dirancang adalah sistem loop tertutup dengan menggunakan model Sugeno yang ditunjukkan pada gambar – gambar di bawah. Input pada sistem berupa arus dan cahaya matahari. Arus keluaran panel surya yang masuk ke SCC akan

diukur oleh sensor ACS712. Terdapat tiga pengondisian yaitu besar, sedang dan kecil. Kemudian cahaya matahari yang diukur oleh sensor LDR yang mempunyai tiga pengondisian juga yaitu redup, normal, terang. Untuk output sendiri berupa wiper yang memiliki tiga penondisian yaitu *off*, sedang, cepat.

Variabel input pertama yaitu arus memiliki fungsi keanggotaan yang memiliki nilai input berdasarkan arus yang dihasilkan. Nilai 0 sampai 30 dari sensor ACS712 yang diproses dalam sistem fuzzy ini adalah nilai aslinya. Fungsi keanggotaan arus ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 1 Grafik Keanggotaan Arus

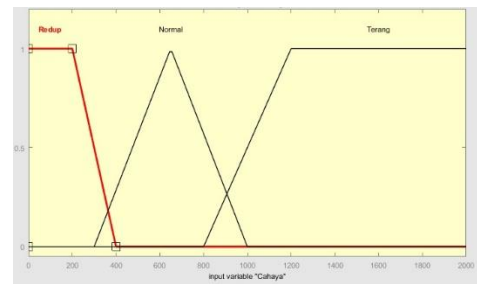
Berikut merupakan himpunan keanggotaan dari arus :

$$\mu \text{ kecil} = \begin{cases} 1; & x \leq 1 \\ \frac{2-x}{1}; & 1 \leq x \leq 2 \\ 0; & x \geq 2 \end{cases}$$

$$\mu \text{ sedang} = \begin{cases} 0; & x \leq 2 \\ \frac{x-2}{1}; & 2 \leq x \leq 3 \\ \frac{4-x}{1}; & 3 \leq x \leq 4 \\ 0; & x \geq 4 \end{cases}$$

$$\mu \text{ besar} = \begin{cases} 0; & x \leq 4 \\ \frac{x-4}{1}; & 4 \leq x \leq 5 \\ 1; & x \geq 5 \end{cases}$$

Variabel input kedua, yaitu cahaya matahari, memiliki fungsi keanggotaan yang memiliki nilai input berdasarkan nilai target yang telah ditetapkan. Nilai sensor LDR yang diproses pada sistem fuzzy ini adalah nilai asli dengan rentang nilai dari 0 sampai 2000. Fungsi anggota sensor makanan ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 2Grafik Keanggotaan cahaya

Berikut merupakan himpunan keanggotaan dari cahaya:

$$\mu \text{ redup} = \begin{cases} 1; & x \leq 200 \\ \frac{400-x}{200}; & 200 \leq x \leq 400 \\ 0; & x \geq 400 \end{cases}$$

$$\mu \text{ normal} = \begin{cases} 0; & x \leq 300 \\ \frac{x-300}{350}; & 300 \leq x \leq 650 \\ \frac{1000-x}{350}; & 650 \leq x \leq 2000 \\ 0; & x \geq 2000 \end{cases}$$

$$\mu \text{ terang} = \begin{cases} 0; & x \leq 800 \\ \frac{x-800}{1200}; & 800 \leq x \leq 2000 \\ 1; & x \geq 2000 \end{cases}$$

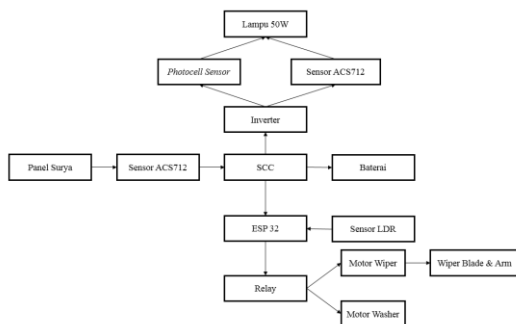
Output berupa durasi dan kecepatan penyalan motor yang menggerakkan wiper (pembersih) dalam satuan detik. Pada variabel wiper mempunyai 3 fungsi keanggotaan yaitu *off*, sedang, dan cepat. Masing – masing fungsi keanggotaan mempunyai nilai tegas yang berbeda-beda yaitu *off* bernilai 0 detik, sedang bernilai 5 detik, cepat bernilai 10 detik.

Setelah melakukan pembentukan himpunan fuzzy, proses selanjutnya pada penelitian ini adalah membuat sebuah tabel *rule base* yang berfungsi sebagai aturan – aturan untuk menjalankan logika *fuzzy* pada penelitian ini. Berikut tabel merupakan *rule base* dari sistem yang telah dibuat.

Tabel 2. 1 Rule Base

No.	If		Then
	Arus	Cahaya	Wiper
1.	Kecil	Redup	0.0 S (Off)
2.	Kecil	Normal	0.0 S (Off)
3.	Kecil	Terang	7.5 S (On)
4.	Sedang	Redup	0.0 S (Off)
5.	Sedang	Normal	0.0 S (Off)
6.	Sedang	Terang	0.0 S (Off)
7.	Besar	Redup	0.0 S (Off)
8.	Besar	Normal	0.0 S (Off)
9.	Besar	Terang	0.0 S (Off)

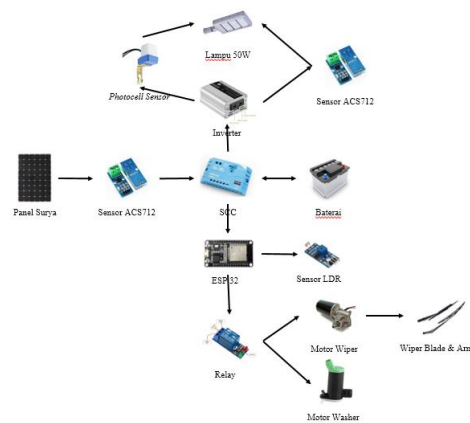
B. Perancangan Sistem



Gambar 2. 3 Diagram Blok Sistem

Dari gambar diatas dapat dijelaskan panel surya atau solar cell sebagai sumber untuk menyuplai semua komponen yang akan digunakan. Panel surya digunakan untuk menerima dan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Kemudian dilanjutkan pada SCC (Solar Charge Controller) sebagai pengatur charge dari panel surya pada baterai agar mencegah terjadinya overcharging dan memperlama masa pakai baterai. SCC juga mengatur daya yang keluar dari baterai ke beban, dan memutuskan daya beban dari baterai apabila tegangan dari baterai turun dibawah tingkat tertentu. Inverter digunakan untuk mengkonversi tegangan dc (12v) menjadi tegangan ac (220v) karena tegangan listrik dari SCC maupun dari baterai adalah 12 Volt. Setelah tegangan energi listrik sudah dkonversi ke 220 Volt, energi listrik tersebut akan digunakan sebagai daya untuk menghidupkan photocell sensor dan lampu. Photocell

sensor berfungsi untuk mengatur nyala lampu, pada saat siang hari lampu akan mati dan menyala pada saat malam hari. Terdapat juga pembersih panel surya otomatis menggunakan wiper yang berfungsi ketika panel surya kotor. Cara pendeteksiannya menggunakan sensor arus dan tegangan, pada saat cahaya matahari yang diterima panel surya dan tegangan arus listrik yang dihasilkan mengalami penurunan maka wiper akan otomatis aktif untuk membersihkan panel surya yang kotor, sehingga menjaga kinerja panel surya secara optimal. Panel surya dilengkapi dengan fitur penyangga / tiang yang didesain dapat naik turun, yang berfungsi untuk memudahkan ketika dan tidak perlu menggunakan tangga saat proses maintenance.



Gambar 2. 4 Perancangan Hardware Lampu Jalan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada lampu jalan dengan panel surya ini dengan sampel 1 hari. Pengujian ini dikur setiap jam, mulai pukul 07.00 hingga 18.00. Pada pengujian ini nilai hasil dari arus dan cahaya didapat dari hasil pemantauan sensor. Pembacaan sensor ini telah sesuai dengan set point yang ditetapkan yang selanjutnya dari hasil tersebut akan digunakan untuk proses keputusan pada sistem fuzzy.

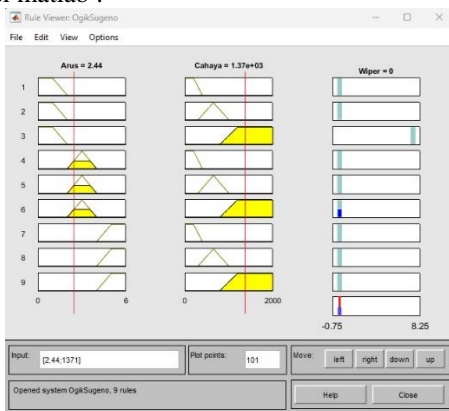
Tabel 3. 1 Hasil Pengujian

Waktu	Jam	Status	Arus (I)	Cahaya (Lux)	Wiper	Hasil Gambar
Pagi	7.00	Cerah	2.4	1371	0.0 S (Off)	
	8.00	Berawan	1.6	1270	7.5 S (On)	
	9.00	Berawan	0.1	1871	7.5 S (On)	
	10.00	Cerah	1.2	1552	7.5 S (On)	
Siang	11.00	Cerah	2.4	1435	0.0 S (Off)	
	12.00	Cerah	0.6	1821	7.5 S (On)	
	13.00	Mendung	2.6	1206	0.0 S (Off)	
	14.00	Mendung	0.8	1205	7.5 S (On)	
Sore	15.00	Mendung	0.4	1235	7.5 S (On)	
	16.00	Berawan	0.9	891	3.2 S (on)	
	17.00	Berawan	0.7	637	0.0 S (Off)	
	18.00	Berawan	0.3	553	0.0 S (Off)	

Pada pengujian sistem fuzzy ini dilakukan dengan 3 metode yaitu metode simulasi Matlab, metode pemrograman pada mikrokontroler, dan metode perhitungan manual. Berikut salah satu sampel data monitoring yang diproses menggunakan MATLAB yang kemudian akan dibandingkan dengan hasil dari data sistem.

3.1. Percobaan 1

Dalam percobaan pertama ini dilakukan pada proses pengamatan pukul 07:00. Pada sistem ini memiliki 2 input dan 1 output berupa waktu pergerakan wiper. Input yang pertama adalah arus dan kedua adalah cahaya. Simulasi matlab :



Gambar 3. 1 Sistem Fuzzy Simulasi Matlab

Pada hasil simulasi matlab dengan *input* arus 2,44 dan cahaya 1371, menghasilkan *output* wiper 0.0 (*Off*).

Perhitungan manual:

Pada perhitungan manual ini berdasarkan hasil simulasi matlab dengan *input* arus 2,44 dan cahaya 1371, menghasilkan *output* wiper 0.0 (*Off*).

➤ Keanggotaan Arus

Kecil = 0

$$\text{Sedang} = \frac{2,44 - 2}{1} = \frac{0,44}{1} = 0,44$$

Besar = 0

➤ Keanggotaan Cahaya

Redup = 0

Normal = 0

$$\text{Terang} = \frac{1371 - 800}{1200} = \frac{571}{1200} = 0,47$$

Setelah melakukan perhitungan menurut rumus keanggotaan selanjutnya kita akan melakukan perhitungan inferensi.

Inferensi fuzzy:

If (Arus is sedang) and (Cahaya is terang) then (Wiper is 0.0 (*Off*))

IF

$$(\text{sedang} \cap \text{terang}) = \text{Min} (\mu \text{ sedang, terang})$$

$$= \text{Min} (0.44, 0.47)$$

$$\text{Min} = 0.91$$

$$Z_1 = 0$$

Defuzzifikasi:

$$\text{Output} (z) = \frac{\sum_{i=1}^n ai \cdot zi}{\sum_{i=1}^n ai}$$

$$\text{Output} z = \frac{[a_1] \times z_1}{[a_1]}$$

$$= \frac{(0,91 \times 0)}{0,91}$$

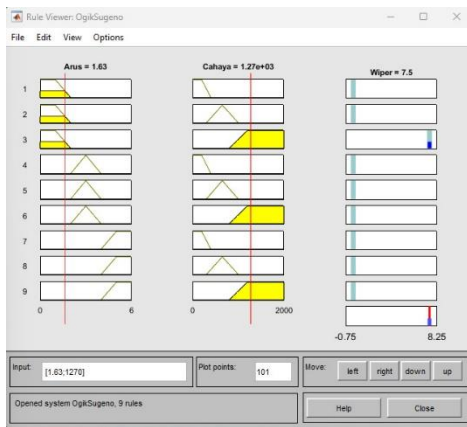
$$= \frac{0}{0,91}$$

$$= 0 \text{ detik}$$

Pada hasil pengujian percobaan pertama ini dengan menggunakan metode perhitungan manual didapatkan hasil 0 detik yang berarti nilai tersebut sesuai dengan hasil simulasi Matlab yaitu 0 detik.

3.2. Percobaan 2

Dalam percobaan pertama ini dilakukan pada proses pengamatan pukul 08:00. Simulasi matlab :



Gambar 3. 2Sistem Fuzzy Simulasi Matlab

Pada hasil simulasi matlab dengan *input* arus 1,63 dan cahaya 1270, menghasilkan *output* wiper 7.5 (On).

Perhitungan manual:

Pada perhitungan manual ini berdasarkan hasil simulasi matlab dengan *input* arus 1,63 dan cahaya 1270, menghasilkan *output* wiper 7.5 (On).

➤ Keanggotaan Arus

$$\text{Kecil} = \frac{2 - 1,63}{1} = \frac{0,37}{1} = 0,37$$

Sedang = 0

Besar = 0

➤ Keanggotaan Cahaya

Redup = 0

Normal = 0

$$\text{Terang} = \frac{1270 - 800}{1200} = \frac{470}{1200} = 0,39,$$

Setelah melakukan perhitungan menurut rumus keanggotaan selanjutnya kita akan melakukan perhitungan inferensi.

If (Arus is kecil) and (Cahaya is terang) then (Wiper is 7.5 (On))

$$\text{IF (kecil} \cap \text{normal)} = \text{Min} (\mu \text{ kecil, normal)}$$

$$= \text{Min} (1, 0,31)$$

$$\text{Min} = 1,31$$

$$Z_1 = 0$$

Defuzzifikasi:

$$\text{Output} (z) = \frac{\sum_{i=1}^n ai * zi}{\sum_{i=1}^n ai}$$

$$\text{Output} z = \frac{[a_1]x z_1}{[a_1]}$$

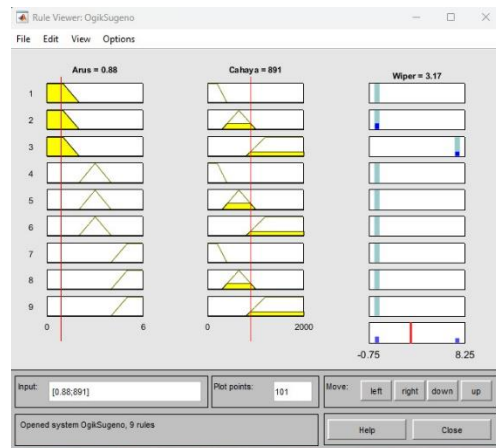
$$= \frac{(0,76 \times 7,5)}{0,76}$$

$$= \frac{5,7}{0,76} = 7,5 \text{ detik}$$

Pada hasil pengujian percobaan pertama ini dengan menggunakan metode perhitungan manual didapatkan hasil 7,5 detik yang berarti nilai tersebut sesuai dengan hasil simulasi *Matlab* yaitu 7,5 detik.

3.3. Percobaan 3

Dalam percobaan pertama ini dilakukan pada proses pengamatan pukul 16:00. Simulasi matlab :



Gambar 3. 3Sistem Fuzzy Simulasi Matlab

Pada hasil simulasi matlab dengan *input* arus 0,88 dan cahaya 891, menghasilkan *output* wiper 3,17 (On).

Perhitungan manual:

Pada perhitungan manual ini berdasarkan hasil simulasi matlab dengan *input* arus 0,88 dan cahaya 891, menghasilkan *output* wiper 3,17 (On).

➤ Keanggotaan Arus

Kecil = 1

Sedang = 0

Besar = 0

➤ Keanggotaan Cahaya

Redup = 0

Normal = 0

$$\text{Terang} = \frac{1000 - 891}{350} = \frac{109}{350} = 0,31$$

Setelah melakukan perhitungan menurut rumus keanggotaan selanjutnya kita akan melakukan perhitungan inferensi.

$$\text{IF (kecil} \cap \text{terang)} = \text{Min} (\mu \text{ kecil, terang)}$$

$$= \text{Min} (0,37, 0,39)$$

$$\text{Min} = 0,76$$

$$Z_1 = 7,5$$

If (Arus is kecil) alnd (Cahaya is normal) then (Wiper is 0.0 (Off))

Defuzzifikasi:

$$\text{Output } (z) = \frac{\sum_{i=1}^n a_i * z_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

$$\text{Output } z = \frac{[a_1]x z_1}{[a_1]}$$

$$= \frac{(1,31 \times 0)}{1,31}$$

$$= \frac{0}{1,31}$$

$$= 0 \text{ detik}$$

Pada hasil pengujian percobaan pertama ini dengan menggunakan metode perhitungan manual didapatkan hasil 0 detik yang berarti nilai tersebut tidak sesuai dengan hasil simulasi *Matlab* yaitu 3,2 detik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perancangan sistem, implementasi dan uji coba pada alat yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari pengujian yang dilakukan dengan input arus dan hasil pengukuran sensor di bawah cahaya matahari, dan output kerja wiper Metode fuzzy digunakan untuk melakukan eksperimen ini berjalan dengan cukup baik sesuai dengan metode yang digunakan.
2. Baterai memerlukan 7.8 jam untuk terisi penuh. Selanjutnya, pengujian kinerja daya baterai dilakukan untuk mengetahui seberapa lama lampu menyala dengan beban total 50 watt selama 12 jam. Hasilnya menunjukkan bahwa baterai dapat bertahan selama 15 jam.
3. Implementasi metode logika fuzzy untuk menghitung waktu pergerakan wiper saat percobaan pertama dilakukan pada pukul 07.00 WIB dan akan dibandingkan hasil pengukuran alat, simulasi matlab, dan perhitungan logika fuzzy secara manual. Dengan input arus sebesar 2,4 dan cahaya sebesar 1371, monotoring alat menghasilkan output waktu kerja wiper 0.0 detik dalam keadaan Off. Hasil pengawasan alat adalah sama dengan 0.0 detik, sesuai dengan hasil simulasi matlab dan perhitungan logika fuzzy manual.
4. Dalam percobaan ketiga ini, ada perbedaan data yang cukup besar. Pada simulasi matlab, hasilnya adalah 3,17 dengan keadaan On, dan pada perhitungan manual, hasilnya adalah 7,5 dengan keadaan On.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Yani, "Pengaruh Penambahan Alat Pencari Arah Sinar Matahari Dan Lensa Cembung Terhadap Daya Output Solar Cell," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 5, no.

- 2, pp. 82–87, 2017, doi: 10.24127/trb.v5i2.239.
- [2] Tri Wahyu Oktaviana Putri; et al, "Pemanfaatan Energi Surya untuk Penerangan Jalan & Fasilitas," *J. Pengabd. Pada Masy. Menerangi Negeri*, vol. 1, no. 2, pp. 128–136, 2019.
- [3] D. T. B. Sihombing and S. T. Kasim, "Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum Dan Taman Di Areal Kampus USU Dengan Menggunakan Teknologi Tenaga Surya," *Singuda Ensikom*, vol. 3, pp. 118–123, 2013.
- [4] S. R. Hikmawan and E. A. Suprayitno, "Rancang Bangun Lampu Penerangan Jalan Umum (Pju) Menggunakan Solar Panel Berbasis Android (Aplikasi Di Jalan Parkiran Kampus 2 Umsida)," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 9–17, 2018, doi: 10.21831/elinvo.v3i1.15343.
- [5] R. Febrianto, N. Soedjarwanto, and O. Zebua, "Rancang Bangun Boost Converter Untuk Proses Discharging Baterai Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (Pjuts)," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Elektro Terap.*, vol. 02, no. 01, pp. 159–163, 2018.
- [6] R. S. Poliama, "Rancang Bangun Alat Sistem Monitor Lampu Jalan Umum Tenaga Surya Berbasis Teknologi Lo - Ra," vol. 3, pp. 34–40, 2021.
- [7] P. Kuat and C. Pada, "Perhitungan Kuat Cahaya Pada Penerangan Jalan Umum Berstandar SNI 7391:2008," vol. 6, no. 1, pp. 106–119, 2017.
- [8] M. A. Pradanugraha, "Pengaruh Sistem Peredupan terhadap Efisiensi Energi Penerangan Jalan Umum pada Universitas Indonesia Berdasarkan Metode Lumen," vol. 9, no. 1, pp. 63–67, 2022.
- [9] D. A. N. I. Matahari, "ANALISIS KELUARAN ENERGI LISTRIK PADA PANEL SURYA 60 WP DITINJAU DARI SUDUT KEMIRINGAN TERHADAP PENGARUH SUHU ANALISIS KELUARAN ENERGI LISTRIK PADA PANEL SURYA 60 WP," 2022.
- [10] H. S. Utomo, T. Hardianto, and B. S. Kaloko, "Optimalisasi Daya dan Energi Listrik pada Panel Surya Polikristal Dengan Teknologi Scanning Reflektor," *Berk. Sainstek*, vol. 5, no. 1, p. 45, 2017, doi: 10.19184/bst.v5i1.5375.
- [11] A. K. Saputro, "Implementasi Sistem Pendeteksi Api 360 Derajat Dengan Metode Multiplexer Dan Logika Fuzzy Pada Robot Pemadam Api Beroda," *Cyclotron*, vol. 5, no. 1, pp. 69–75, 2022, doi: 10.30651/cl.v5i1.10788.