

KONTROL PEMAKAIAN PERALATAN ELEKTRONIK BERBASIS MIKROKONTROLER DAN ALGORITMA FUZZY MAMDANI

CHYQUITHA DANUPUTRI¹, LUKMAN HAKIM², WILLY STEVANUS SUSILO³, FERNANDO DEDI SAMUEL⁴

^{1,2,3,4} Teknik Informatika, Teknologi dan Desain, Universitas Bunda Mulia
Jl. Lodan Raya No. 2 Ancol, Indonesia

e-mail: chyquitha@gmail.com¹, lhakim@bundamulia.ac.id², willy.susilo@dcode10.com³,
Fernando.dedi2@gmail.com⁴

Received : Agustus, 2020

Accepted : Oktober, 2020

Published : Oktober, 2020

Abstract

Excessive use of electricity had some negative impacts. In this research, the Arduino ESP32 integrated with the WiFi module, the PZEM-004T V3.0 electric current sensor to detect the electric current used, DHT22 temperature sensor to measure the temperature and humidity of the room air, BH1750 light sensor to measure the intensity of light entering the room and SPDT Relay connected between the microcontroller and the lamp. Mamdani Fuzzy Logic Algorithm which was a cryptic system as part of the intelligent system methodology applied to control automation in fans with fuzzy input variables was temperature and humidity as well as the automation of lamp usage applied fuzzy logic mamdani with fuzzy input variables were the intensity of incoming light and the time zone. Defuzzy's calculation results based on rules and have been tested on fan and lamp automation obtained 100% accuracy. Aside from being automatic, this system were also applied manual control through the Blynk application only to the function (ON / OFF) and monitored real time electricity usage in the IDR value remotely with the Internet of Things method based on Microcontroller and IOS or Android. This research could help homeowners in saving electricity.

Keywords: mamdani fuzzy logic, internet of thing, intelligent system, microcontroller.

Abstrak

Pemakaian listrik berlebihan dapat memberikan dampak negatif. Pada penelitian ini menerapkan algoritma Fuzzy Mamdani dalam sistem yang mengintegrasikan ESP32 Arduino dengan modul WiFi, sensor arus listrik PZEM-004T V3.0 untuk mendeteksi arus listrik yang terpakai, sensor suhu DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara ruangan, sensor cahaya BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya masuk ke ruangan dan Relay SPDT yang akan dihubungkan antara mikrokontroler dengan lampu. Algoritma Fuzzy Logic Mamdani yang merupakan sistem samar bagian dari metodologi sistem cerdas diterapkan untuk kontrol automasi pada kipas angin dengan variable fuzzy input adalah suhu dan kelembapan demikian juga pada automasi pemakaian lampu diterapkan fuzzy logic mamdani dengan variabel fuzzy input adalah intensitas cahaya masuk dan waktu wilayah (time zone). Hasil perhitungan Defuzzy berdasarkan rules dan telah diuji pada automasi kipas angin dan lampu memperoleh akurasi 100%. Selain bersifat otomatis, sistem ini juga diterapkan kontrol manual melalui aplikasi Blynk hanya pada fungsi (ON/OFF) dan memonitor pemakaian listrik real time dalam nilai IDR jarak jauh dengan metode Internet of Things berbasis Microcontroller dan IOS atau Android. Penelitian ini dapat membantu pemilik rumah dalam penghematan listrik.

Kata Kunci: fuzzy logic mamdani, internet of thing, sistem cerdas, mikrokontroler

1. PENDAHULUAN

Kurangnya kesadaran untuk menggunakan energi listrik dengan efisien dan hemat masih banyak di masyarakat walaupun sebenarnya PLN sudah memberikan solusi kepada masyarakat dalam mengontrol pemakaian listrik rumah tangga ataupun industri yaitu dengan menerapkan metode pengisian pulsa listrik prabayar. Faktor alami manusia yaitu LUPA juga merupakan salah satu faktor yang tidak sengaja menyebabkan pemakaian listrik berlebihan yaitu lupa mematikan alat listrik yang digunakan walaupun alat tersebut sebenarnya sudah tidak dibutuhkan aktif. Pemakaian yang tidak sengaja berlebihan tersebut menyebabkan jumlah rupiah pengisian pulsa listrikpun bertambah diluar anggaran dan menyebabkan alat listrik berusia pendek atau cepat rusak. Ketidaksihinggaan ini sering disadari setelah kita berada jauh dari rumah.

Sering pemilik rumah yang sedang berada jauh dari rumah memiliki kendala untuk mengaktifkan alat listrik rumah tangga dari jarak jauh, contohnya lampu-lampu ruangan rumah yang harus dihidupkan di malam hari. Banyak kriminal mengambil keuntungan jika mengetahui terdapat rumah yang padam lampu rumahnya dan diperkirakan rumah tersebut sedang tidak ada penghuninya, saat itulah mereka memaksa masuk dan menjarah rumah tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis melakukan penelitian dengan tujuan untuk memberikan solusi bagi pengguna listrik dengan menerapkan algoritma Fuzzy Logic Mamdani dalam sistem dan mengintegrasikan beberapa perangkat keras elektronik yaitu ESP32 Arduino, sensor arus listrik PZEM-004T V3.0 untuk mendeteksi arus listrik yang terpakai saat lampu atau kipas angin yang aktif kemudian akan dikonversikan menjadi ukuran Kwh sampai nilai rupiah berdasarkan tarif PLN, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor cahaya BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruangan, Relay SPDT yang akan dihubungkan antara mikrokontroler dengan lampu dan kipas angin.

Algoritma *Fuzzy Logic* Mamdani yaitu sistem samar bagian dari metodologi sistem cerdas

Jurnal Teknik Informatika berjudul "Aplikasi Pengontrolan Lampu Menggunakan Arduino

yang diterapkan pada automasi kipas angin dengan variabel fuzzy masukkan adalah suhu dan kelembapan udara begitu pun pada automasi lampu dengan variabel fuzzy input adalah intensitas cahaya masuk dan *time zone*. Sistem ini selain dapat kontrol lampu dan kipas angin otomatis juga dapat mengontrol alat rumah tangga yang dalam penelitian ini adalah lampu dan kipas angin yang memiliki kemampuan untuk memonitor pemakaian listrik real time dalam nilai Rupiah jarak jauh dengan metode *Internet of Things* berbasis Microcontroller dan IOS atau Android.

Metode *Internet of Things* (IoT) sangat tepat untuk melakukan interaksi dan mengakses perangkat di berbagai lingkungan otomatis[1], maka dalam penelitian ini memilih metode IoT agar memudahkan *user* dalam berinteraksi dengan perangkat rumah dari jarak jauh yaitu lampu dan kipas angin melalui jaringan internet. IoT memudahkan proses pengiriman/penerimaan data di antara alat-alat yang terintegrasi.

Aplikasi Blynk dipilih dalam penelitian ini sebagai fasilitas interaksi *user* dengan semua perangkat keras yang terhubung. *User* dapat memonitor data suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya yang masuk ke ruangan, data Daya (W), Energi (KWH), Biaya akumulasi dalam bentuk rupiah (perjam, perhari, perminggu, perbulan, persemester dan pertahun), data *output* status keaktifan kipas angin dan lampu, data *duty cycle* kecepatan kipas angin dan intensitas cahaya output lampu.

1.1. Tinjauan Pustaka

Jurnal *IT Journal Research and Development* yang berjudul "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan" penulis melakukan penelitian terhadap metode Fuzzy Sugeno atau Fuzzy Mamdani yang tepat digunakan dalam mempercepat menentukan kualitas beton. Dari penelitian tersebut, didapatkan hasil kesimpulan yaitu Fuzzy Mamdani lebih direkomendasikan karena metode Mamdani hasil perhitungannya lebih mendekati hasil yang sebenarnya dibandingkan dengan sugeno [2].

Uno Dengan Algoritma Fuzzy Logic Berbasis Android" Universitas Kuningan dengan hasil

penelitian dapat melakukan pengontrolan lampu secara otomatis dengan input sensor cahaya dengan real time clock terbatas jarak [3].

Penelitian dalam e-proceeding yang berjudul “Perancangan Dan Implementasi Manajemen Daya Listrik Menggunakan Algoritma Greedy Untuk Otomatisasi Rumah” Universitas Telkom dengan hasil nilai yang terbaca setiap stopkontak yang telah diatur oleh PLC. Pengujian waktu malam, total penggunaan daya dengan algoritma greedy sebesar 0,824 KWh, sedangkan total penggunaan daya tanpa algoritma greedy sebesar 0,857 KWh, dengan batas stopkontak waktu malam sebesar 0,825 KWh. Efisiensi manajemen daya dengan menggunakan algoritma greedy sebesar 99,8%[4].

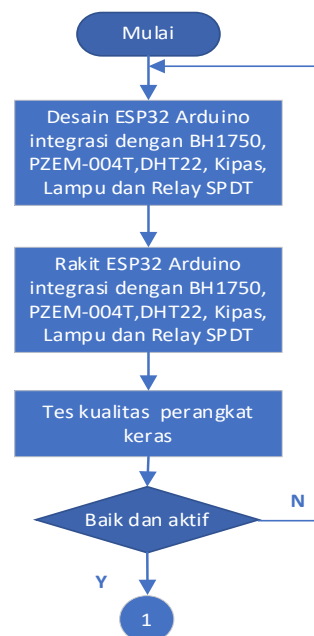
Jurnal Elekrika yang berjudul “Pengatur Kecepatan Kipas Angin Listrik Berbasis Pulse Width Modulation”, pada penelitian ini digunakan sebuah kontrol untuk mengatur kecepatan kipas angin AC 220v melalui luaran PWM mikrokontroller. Luaran dari alat yang dibuat adalah kipas angin AC 220v/45 watt dengan ukuran baling-baling 6”. Pada proyek penelitian ini yang akan dibuat, pembahasan berfokus pada beberapa hal berikut ini, diantaranya luaran yang digunakan adalah kipas angin AC 220v/45 watt dengan ukuran baling-baling 6”, dan tampilan menggunakan sebuah tujuh ruas, alat yang dibuat menggunakan kecepatan minimal satu dan maksimal sembilan, serta pemrograman alat ini menggunakan bahasa C dengan pustaka IRremote[5].

2. METODE PENELITIAN

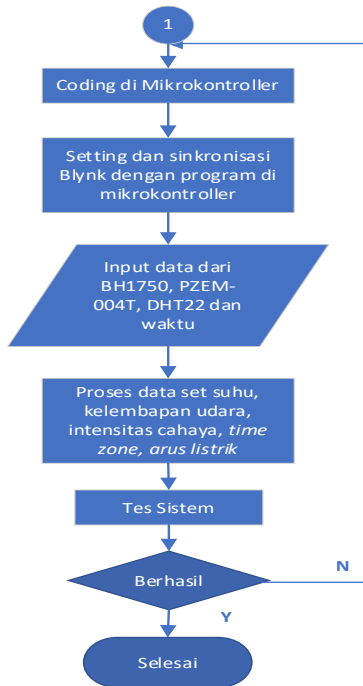
Pada penelitian ini sensor arus listrik PZEM-004T V3.0, sensor suhu dan kelembapan udara DHT22, sensor intensitas cahaya BH1750 dan Relay SPDT diintegrasikan dengan mikrokontroller ESP32 Arduino.

Pembuatan program di mikrokontroller menyatukan semua modul perangkat keras dan penerapan algoritma Fuzzy Mamdani untuk mendapatkan akurasi nilai dalam sistem automasi kipas angin dan lampu. Aplikasi Blynk diinstall di IOS atau di Android kemudian di setting akun user, data-data apa saja yang akan ditampilkan dan di sinkronisasikan dengan program di mikrokontroller untuk mendapatkan data data suhu, kelembapan udara, data intensitas cahaya yang masuk ke ruangan, data Daya (W), Energi (KWH), biaya akumulasi dalam bentuk rupiah (perjam, perhari, perminggu, perbulan, persemester dan pertahun), data *output* status keaktifan kipas angin dan lampu, data *duty cycle* kecepatan kipas angin dan intensitas cahaya output lampu.

Alur penelitian identifikasi hasil yang diterima sensor-sensor yang terintegrasi dan penerapan algoritma Fuzzy Mamdani pengontrol, monitor lampu dan kipas angin jarak jauh dan otomatis dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Tahap Penelitian



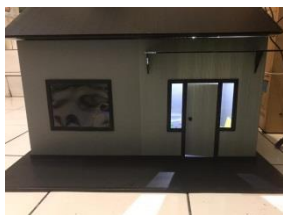
Gambar 2. Tahap Penelitian Lanjutan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Tampilan Prototype Rumah

Penggunaan prototype rumah dibutuhkan dalam pengujian sistem di penelitian ini. Bagian rumah dibagi menjadi 2 (dua) bagian, ruang tamu dan ruang makan. Tampilan fisik prototype rumah dari sisi depan akan ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Tampak Depan Prototype Rumah

3.1.2 Perangkat IoT

Pada Gambar 5 terlihat Rangkaian IoT, terlihat kipas angin sedang bekerja dan di dalam penelitian ini, untuk memanipulasi kondisi suhu dan kelembapan udara yaitu salah satunya meletakkan *Ice Gel Pack* untuk mendapatkan suhu dingin dan sejuk.



Gambar 4. Rangkaian IoT

3.1.3 Tampilan Aplikasi Blynk

Pada penelitian ini menggunakan Blynk untuk memonitor data suhu dan kelembapan udara dari sensor DHT22, data intensitas cahaya yang masuk ke ruang makan dengan sensor BH1750, data Daya (W), Energi (KWH), Biaya akumulasi dalam bentuk rupiah (perjam, perhari, perminggu, perbulan, persemester dan pertahun) dalam bentuk grafik yang sudah otomatis terhitung berdasarkan daya kipas dan lampu yang terhubung dan data arus listrik yang didapat dari sensor PZEM-004T. Selain dapat memonitor dari aplikasi Blynk, Kipas dan Lampu dapat diaktifkan maupun tidak diaktifkan. *Time Zone* dapat diganti di aplikasi ini. Gambar 5 merupakan tampilan aplikasi Blynk di IOS yang sudah disinkronisasi dengan program yang ada di mikrokontroller.



Gambar 5. Tampilan Aplikasi Blynk

3.1.4 Data Hasil Pengujian

Pengujian terhadap hasil penelitian ini dilakukan terhadap beberapa data set dan didapatkan hasil pengujian automasi kipas angin yang ditampilkan di Tabel 1, Hasil di Tabel 2 adalah hasil pengujian automasi lampu dan Tabel 3 berisi data gambar screenshot output program pengujian.

Tabel 1: Hasil Pengujian Automasi Kipas Angin

| No | Suhu (°C) | Kelembapan (%) | Z*Kipas (%) | | Ket Kec | | Akurasi |
|----|-----------|----------------|-------------|--------|----------|----------|---------|
| | | | Sistem | Manual | Sistem | Manual | |
| 1 | 25,6 | 96,3 | 55 | 55 | Sedang | Sedang | 100% |
| 2 | 23 | 93,6 | 55 | 55 | Sedang | Sedang | 100% |
| 3 | 28,3 | 84,5 | 55 | 55 | Sedang | Sedang | 100% |
| 4 | 28,6 | 82,5 | 55 | 55 | Sedang | Sedang | 100% |
| 5 | 29,4 | 78 | 161,75 | 161,75 | Cepat | Cepat | 100% |
| 6 | 33,7 | 56,8 | 129,77 | 129,77 | Cepat | Cepat | 100% |
| 7 | 38,1 | 64 | 165,07 | 165,07 | Cepat | Cepat | 100% |
| 8 | 35,8 | 60,7 | 165,06 | 165,06 | Cepat | Cepat | 100% |
| 9 | 21,7 | 99,9 | 14,76 | 14,76 | Berhenti | Berhenti | 100% |
| 10 | 20,6 | 99,9 | 12,5 | 12,5 | Berhenti | Berhenti | 100% |
| 11 | 32,9 | 79,7 | 102,92 | 102,92 | Cepat | Cepat | 100% |
| 12 | 29,7 | 79,1 | 164,56 | 164,56 | Cepat | Cepat | 100% |

Tabel 2: Hasil Pengujian Automasi Lampu

| No | Waktu | Intensitas Cahaya Masuk | Z*Lampu (lux) | | Ket Level Cerah | | Akurasi |
|----|----------|-------------------------|---------------|--------|-----------------|--------|---------|
| | | | Sistem | Manual | Sistem | Manual | |
| 1 | 01:40:00 | 18 | 39,88 | 39,88 | Redup | Redup | 100% |
| 2 | 01:40:00 | 17 | 39,57 | 39,57 | Redup | Redup | 100% |
| 3 | 01:35:00 | 32 | 7,87 | 7,87 | Mati | Mati | 100% |
| 4 | 01:33:00 | 202 | 9,06 | 9,06 | Mati | Mati | 100% |
| 5 | 01:32:00 | 14 | 38,8 | 38,8 | Redup | Redup | 100% |
| 6 | 14:00:00 | 4 | 104,68 | 104,68 | Terang | Terang | 100% |
| 7 | 14:00:00 | 5 | 104,68 | 104,68 | Terang | Terang | 100% |
| 8 | 14:00:00 | 567 | 5,63 | 5,63 | Mati | Mati | 100% |
| 9 | 14:00:00 | 715 | 5,63 | 5,63 | Mati | Mati | 100% |
| 10 | 14:00:00 | 3 | 104,68 | 104,68 | Terang | Terang | 100% |
| 11 | 14:00:00 | 550 | 5,63 | 5,63 | Mati | Mati | 100% |
| 12 | 14:00:00 | 2387 | 5,63 | 5,63 | Mati | Mati | 100% |

Tabel 3: Data Gambar Screenshoot Output Program Pengujian

| | | | |
|----|---|----|--|
| 1. | <pre>kondisi_lampu : redup Suhu : 25.60 Kelembapan : 96.30 Z kipas : 55.00 cahaya : 18.00 waktu : 1.67 Z Lampu : 39.88 kondisi_kipas : sedang -----</pre> | 7. | <pre>z : 156.74 kondisi_lampu : terang Suhu : 38.10 Kelembapan : 64.00 Z kipas : 165.07 cahaya : 5.00 waktu : 14.00 Z Lampu : 104.68 kondisi_kipas : cepat -----</pre> |
| 2. | <pre>kondisi_lampu : redup Suhu : 23.00 Kelembapan : 93.60 Z kipas : 55.00 cahaya : 17.00 waktu : 1.67 Z Lampu : 39.57 kondisi_kipas : sedang -----</pre> | 8. | <pre>kondisi_lampu : mati Suhu : 35.80 Kelembapan : 60.70 Z kipas : 165.06 cahaya : 567.00 waktu : 14.00 Z Lampu : 5.63 kondisi_kipas : cepat -----</pre> |

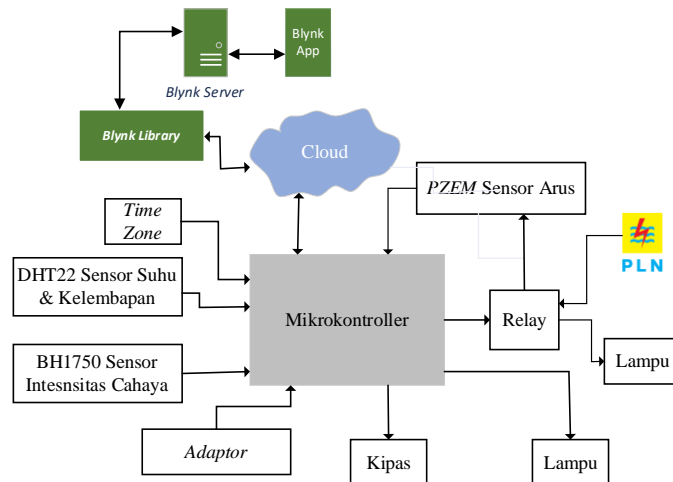
| | | | |
|----|---|-----|---|
| 3. | <pre>kondisi_lampu : mati Suhu : 28.30 Kelembapan : 84.50 Z kipas : 55.00 cahaya : 32.00 waktu : 1.58 Z Lampu : 7.87 kondisi_kipas : sedang -----</pre> | 9. | <pre>Z : 14.76 kondisi_lampu : mati Suhu : 21.70 Kelembapan : 99.90 Z kipas : 14.76 cahaya : 715.00 waktu : 14.00 Z Lampu : 5.63 kondisi_kipas : mati -----</pre> |
| 4. | <pre>kondisi_lampu : mati Suhu : 28.60 Kelembapan : 82.50 Z kipas : 55.00 cahaya : 202.00 waktu : 1.55 Z Lampu : 9.06 kondisi_kipas : sedang -----</pre> | 10. | <pre>kondisi_lampu : terang Suhu : 20.60 Kelembapan : 99.90 Z kipas : 12.50 cahaya : 3.00 waktu : 14.00 Z Lampu : 104.68 kondisi_kipas : mati -----</pre> |
| 5. | <pre>kondisi_lampu : redup Suhu : 29.40 Kelembapan : 78.00 Z kipas : 161.75 cahaya : 14.00 waktu : 1.53 Z Lampu : 38.80 kondisi_kipas : cepat -----</pre> | 11. | <pre>kondisi_lampu : mati Suhu : 32.90 Kelembapan : 79.70 Z kipas : 102.92 cahaya : 550.00 waktu : 14.00 Z Lampu : 5.63 kondisi_kipas : cepat -----</pre> |
| 6. | <pre>kondisi_lampu : terang Suhu : 33.70 Kelembapan : 56.80 Z kipas : 129.77 cahaya : 4.00 waktu : 14.00 Z Lampu : 104.68 kondisi_kipas : cepat -----</pre> | 12. | <pre>kondisi_lampu : mati Suhu : 29.70 Kelembapan : 79.10 Z kipas : 164.56 cahaya : 2387.00 waktu : 14.00 Z Lampu : 5.63 kondisi_kipas : cepat -----</pre> |

3.2 Pembahasan

3.2.1 Perancangan Sistem

Penelitian ini membuat kontrol automasi terhadap kecepatan kipas angin dengan *output* berupa *duty cycle* (%) dengan menggunakan data input data suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembapan udara (%) yang diterima oleh sensor DHT22. Automasi tingkat kecerahan lampu *output* berupa (lux) berdasarkan data *input* intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruangan yang didapat dari sensor BH1750 dan data jam sesuai Time Zone. Sensor PZEM dipergunakan untuk mengukur arus listrik. Semua alat diintegrasikan dengan Arduino ESP32.

Penggunaan Blynk membutuhkan konfigurasi ke Mikrokontroler ESP32 melalui koneksi internet. Data-data yang diproses oleh mikrokontroler ESP32 terkirim melalui cloud Blynk sehingga diterima oleh aplikasi Blynk di *smartphone* baik yang di install di IOS maupun Android, penulis melakukan penerapannya pada IOS iPhone *software version* 12.4.7 dan Android 9.0(pie) . Blynk memiliki pustaka Blynk (*Blynk Libraries*) di sketch Arduino IDE, puluhan *hardware* dapat tersambung dan dilayani oleh Blynk pada saat yang bersamaan [6].

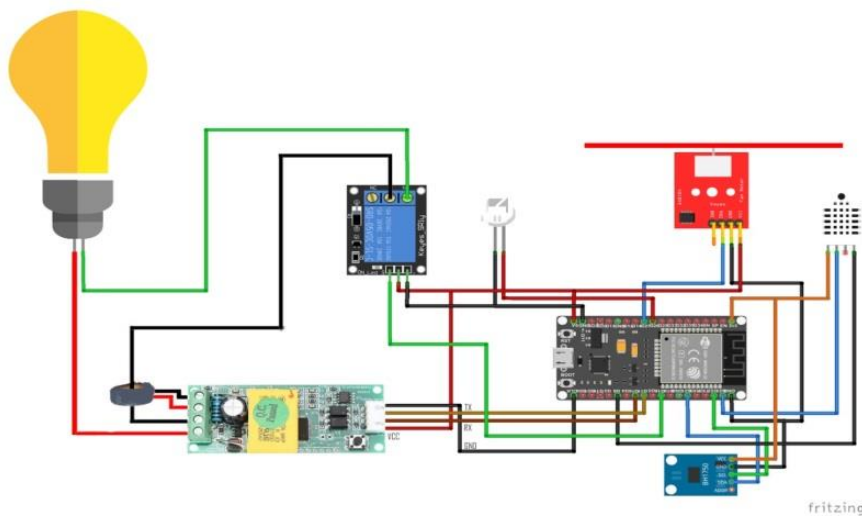


Gambar 6. Block Diagram Perangkat Keras

3.2.2 Perancangan Perangkat Keras

Gambar 7 adalah rangkaian skematik IoT dengan Arduino ESP32. Hasil input yang didapat dari semua sensor diproses melalui logika algoritma Fuzzy Mamdani dan hasil output dari

mikrokontroler diteruskan sinyal ke driver atau mosfet sebagai pengendali Kipas atau Lampu sesuai kondisi logika Fuzzy Output.



Gambar 7. Rangkaian Skematik IoT dengan Arduino ESP32

Kipas angin yang digunakan pada penelitian ini adalah 5V L9110 Kipas Merah Motor Modul Kipas Baling-Baling Pemadam Kebakaran dan lampu LED 5 V sebagai dummy Gambar 8. Untuk dapat mengukur biaya per Kwh. Penelitian ini menambahkan lampu LED 3 W, 220-240 V.



Gambar 8. 5V L9110 Kipas Merah Motor

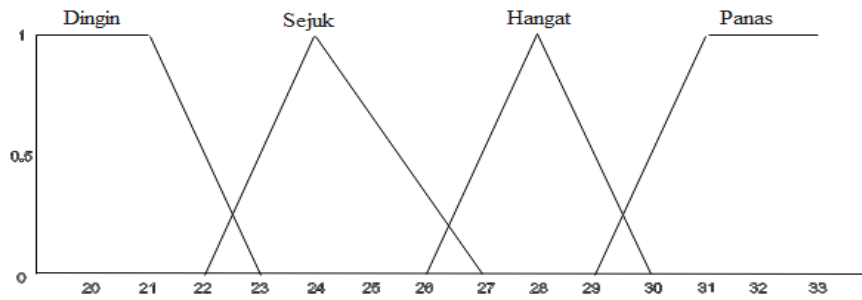
3.2.3 Perancangan Fuzzy Mamdani Automasi Kipas Angin

Himpunan keanggotaan suatu variabel fuzzy yang akan digunakan pada sistem kontrol level kecepatan kipas angin adalah untuk menentukan nilai input pada sensor yang digunakan dan outputnya berupa duty cycle dari PWM 8 bit. Berikut ini adalah variabel fuzzy input yang akan diterapkan pada sistem kontrol kecepatan kipas angin.

- 1) Suhu

Keadaan suhu udara pada suatu tempat di permukaan bumi akan ditentukan oleh faktor-faktor (Tanudidjaja, 1993) lamanya penyinaran matahari, kemiringan sinar matahari, keadaan awan dan keadaan permukaan bumi[7]. Indonesia merupakan Negara tropis dengan kondisi alam sekitar maka pada penelitian ini

membuat perancangan derajat keanggotaan variabel fuzzy suhu gambar 9 dibuat pendekatan kepada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/Menkes/Per/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah[8].



Gambar 9. Derajat Keanggotaan Variabel Fuzzy Suhu

$$(x) \text{dingin} \begin{cases} 1 : x \leq 21 \\ \frac{23-x}{23-21} : 21 < x \leq 23 \\ 0 : x > 23 \end{cases} \quad (1)$$

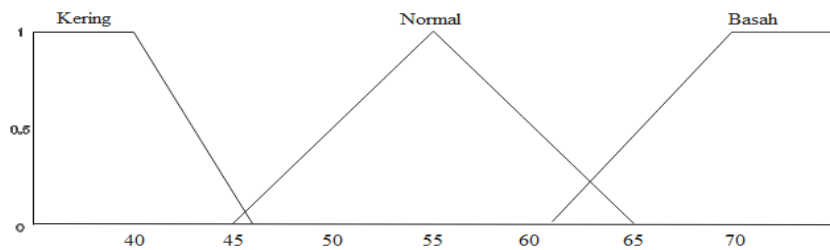
$$(x) \text{sejuk} \begin{cases} 0 : x < 22 \text{ atau } x > 27 \\ \frac{x-22}{24-22} : 22 \leq x \leq 24 \\ \frac{27-x}{27-24} : 24 < x \leq 27 \end{cases} \quad (2)$$

$$(x) \text{hangat} \begin{cases} 0 : x < 26 \text{ atau } x > 30 \\ \frac{x-26}{28-26} : 26 \leq x \leq 28 \\ \frac{30-x}{30-28} : 28 < x \leq 30 \end{cases} \quad (3)$$

$$(x) \text{panas} \begin{cases} 0 : x \leq 29 \\ \frac{x-29}{31-29} : 29 \leq x \leq 31 \\ 1 : x > 31 \end{cases} \quad (4)$$

2) Kelembapan Udara

Udara dibedakan dengan banyaknya kandungan uap air. Jumlah uap air dipengaruhi oleh dalam udara bergantung kepada banyak faktor, antara lain ketersediaan air dan sumber uap, suhu udara, tekanan udara, angin. Udara basah digunakan untuk menyatakan udara yang mengandung uap air, dan udara kering bagi udara yang tidak mengandung uap air. Jadi udara basah adalah campuran udara kering dan uap air. Sensor ini mengukur kelembapan nisbi (*relative humidity*)[9]. Penentuan level kelembapan udara diambil dari standar Humidity Guide Higienis Indonesia yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Derajat Keanggotaan Variabel Fuzzy Kelembapan (%)

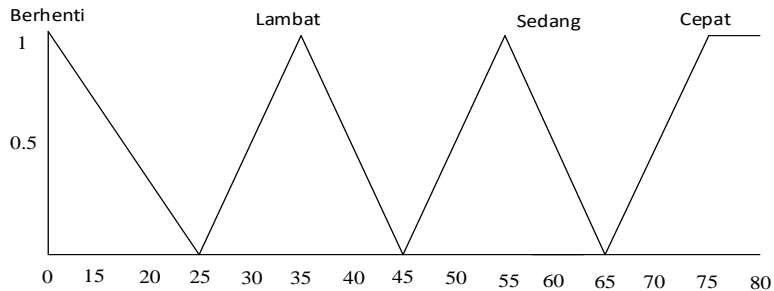
$$(y) \text{kering} \begin{cases} 1 : y \leq 40 \\ \frac{45,5-y}{45,5-40} : 40 < y \leq 45,5 \\ 0 : y > 45,5 \end{cases} \quad (5)$$

$$(y) \text{normal} \begin{cases} 0 : x < 45 \text{ atau } x > 65 \\ \frac{y-45}{55-45} : 45 \leq y \leq 55 \\ \frac{65-y}{65-55} : 55 < y \leq 65 \end{cases} \quad (6)$$

$$(y) \text{basah} \begin{cases} 0 : y \leq 60,5 \\ \frac{y-60,5}{70-60,5} : 60,5 < y \leq 70 \\ 1 : y > 70 \end{cases} \quad (7)$$

Kedua data yang didapat dari dua variabel Fuzzy tersebut akan digunakan untuk menentukan *output* level kecepatan kipas angin berupa nilai

duty cycle yang memiliki himpunan keanggotaan pada gambar 11.



Gambar 11. Derajat Keanggotaan Fuzzy *Duty Cycle* Kipas Angin (%)

$$(z)berhenti \begin{cases} 1 : z \leq 10 \\ \frac{25-z}{25-10} : 10 < z \leq 25 \\ 0 : z > 25 \end{cases} \quad (8)$$

$$(z)lambat \begin{cases} 0 : z < 25 \text{ atau } z > 45 \\ \frac{z-25}{35-25} : 25 \leq z \leq 35 \\ \frac{45-z}{45-35} : 35 < z \leq 45 \end{cases} \quad (9)$$

$$(z)sedang \begin{cases} 0 : z < 45 \text{ atau } z > 65 \\ \frac{z-45}{55-45} : 45 \leq z \leq 55 \\ \frac{65-z}{65-55} : 55 < z \leq 65 \end{cases} \quad (10)$$

$$(z)cepat \begin{cases} 0 : z \leq 65 \\ \frac{z-65}{75-65} : 65 < z \leq 75 \\ 1 : z \leq 75 \end{cases} \quad (11)$$

Bentuk logika *Fuzzy rules* yang akan diterapkan adalah berupa IF $\mu_p_x=a$ AND $\mu_p_y=b$ THEN $\mu_p_z=c$, maka yang dicari adalah nilai minimal dari μ_p_x dan μ_p_y . Berdasarkan metode ini, maka aturan pada system otomasi Kipas Angin adalah sebagai berikut :

Aturan 1 : If Suhu DINGIN And Kelembapan KERING Then Kecepatan BERHENTI

Aturan 2 : If Suhu DINGIN And Kelembapan NORMAL Then Kecepatan BERHENTI

Aturan 3 : If Suhu DINGIN And Kelembapan BASAH Then Kecepatan BERHENTI

Aturan 4 : If Suhu SEJUK And Kelembapan KERING Then Kecepatan BERHENTI

Aturan 5 : If Suhu SEJUK And Kelembapan NORMAL Then Kecepatan LAMBAT

Aturan 6 : If Suhu SEJUK And Kelembapan BASAH Then Kecepatan SEDANG

Aturan 7 : If Suhu HANGAT And Kelembapan KERING Then Kecepatan LAMBAT

Aturan 8 : If Suhu HANGAT And Kelembapan NORMAL Then Kecepatan SEDANG

Aturan 9 : If Suhu HANGAT And Kelembapan BASAH Then Kecepatan SEDANG

Aturan 10 : If Suhu PANAS And Kelembapan KERING Then Kecepatan CEPAT

Aturan 11 : If Suhu PANAS And Kelembapan NORMAL Then Kecepatan CEPAT

Aturan 12 : If Suhu PANAS And Kelembapan BASAH Then Kecepatan CEPAT

Dari salah satu pengujian, sensor DHT22; Suhu=25,6° C dan Kelembapan=96,3%, berdasarkan rumus di atas maka didapatkan hasil setiap level keanggotaan sebagai berikut;

Suhu (25,6° C)

(x)dingin = 0

(x)sejuk $\left\{ \frac{27-x}{27-24} = \frac{27-25,6}{27-24} = 0,4667 \right.$

(x)hangat = 0

(x)panas = 0

Kelembapan (96,3 %)

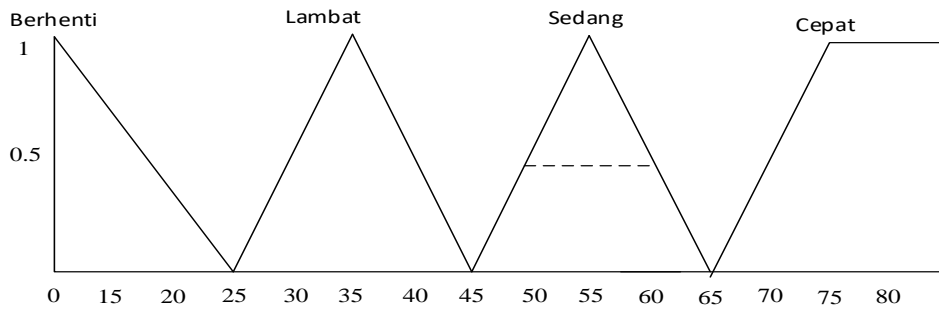
(y)kering = 0

(y)normal = 0

(y)basah = 1

Berdasarkan aturan fuzzy yang sudah ditentukan, maka didapatkan implikasi

$$\alpha_6 = \min(\mu_p_SEJUK[25,6], \mu_p_BASAH[96,3]) = \min(0,4667;1) = 0,4667$$



Gambar 12. Area Fuzzy Rules yang terjadi implikasi

$$\alpha_6 \rightarrow \text{Bawah } 0,4667 = \frac{x-45}{55-45}$$

$$0,4667 \times (55 - 45) = x - 45$$

$$(0,4667 \times (55 - 45)) + 45 = x$$

$$49,6667 = x$$

$$\text{Atas } 0,4667 = \frac{65-x}{65-55}$$

$$0,4667 \times (65 - 55) = 65 - x$$

$$(0,4667 \times (65 - 55)) = 65 - x$$

$$x = 65 - (0,4667 \times (65 - 55))$$

$$= 60,3333$$

$$\mu_{SF}[z] = \begin{cases} 0, & 0 \leq 45 \text{ atau } \geq 65 \\ \frac{x-45}{55-45}, & 45 \leq x \leq 49,6667 \\ 0,4667; & 49,6667 \leq x \leq 60,3333 \\ \frac{65-x}{65-55}, & 60,3333 \leq x \leq 65 \end{cases} \quad (12)$$

Disederhanakan menjadi

$$\mu_{SF}[z] = \begin{cases} 0, & 0 \leq 45 \text{ atau } \geq 65 \\ 0,1x - 4,5 & 25 \leq x \leq 49,6667 \\ 0,4667; & 49,6667 \leq x \leq 60,3333 \\ 6,5 - 0,1x, & 60,3333 \leq x \leq 65 \end{cases}$$

Mencari Luas Area

$$A_1 = \frac{\text{alas} A_1 \times \text{tinggi} A_1}{2} = \frac{(49,6667 - 45) \times 0,4667}{2}$$

$$= 1,0889$$

$$A_2 = \text{panjang} A_2 \times \text{lebar} A_2 = (60,3333 - 49,6667) \times 0,4667$$

$$= 4,9778$$

$$A_3 = \frac{\text{alas} A_3 \times \text{tinggi} A_3}{2} = \frac{(65 - 60,3333) \times 0,4667}{2}$$

$$= 1,0889$$

Menghitung Momentum

$$M_1 = \int_{45}^{49,6667} (0,1z - 4,5)z \, dz$$

$$= \int_{45}^{49,6667} (0,1z^2 - 4,5z) \, dz$$

$$= 0,3333z^3 - 2,25z^2 \Big|_{45}^{49,6667}$$

$$= ((0,1/3) \times (49,6667)^3 - (4,5/2) \times (49,6667)^2) - ((0,1/3) \times (45)^3 - (4,5/2) \times (45)^2)$$

$$= 52,388$$

$$M_2 = \int_{49,6667}^{60,3333} (0,4667)z \, dz$$

$$= \int_{49,6667}^{60,3333} (0,4667z) \, dz$$

$$= 0,2333z^2 \Big|_{49,6667}^{60,3333}$$

$$= (0,2333 \times (60,3333)^2) - (0,2333 \times (49,6667)^2)$$

$$= 273,778$$

$$M_3 = \int_{60,3333}^{65} (6,5 - 0,1z)z \, dz$$

$$= \int_{60,3333}^{65} (6,5z - 0,1z^2) \, dz$$

$$= 3,25z^2 - 0,0333z^3 \Big|_{60,3333}^{65}$$

$$= ((3,25 \times (65)^2) - (0,0333 \times (65)^3)) - ((3,25 \times (60,3333)^2) - (0,0333 \times (60,3333)^3))$$

$$= 67,390$$

$$Z^* = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$= \frac{52,388 + 273,778 + 67,390}{1,0889 + 4,9778 + 1,0889}$$

$$= 55$$

Nilai Z^* ini merupakan ukuran *duty cycle* dari kerja kipas angin yaitu **55%** dan termasuk anggota himpunan kecepatan kipas angin "Sedang"

3.2.4 Perancangan Fuzzy Mamdani

Automasi Lampu

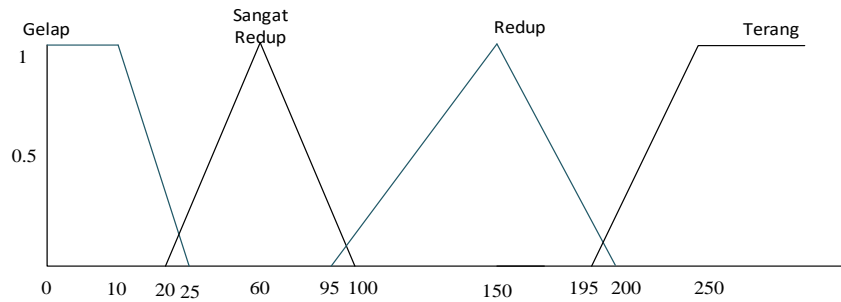
Variabel fuzzy digunakan pada sistem kontrol level kecerahan lampu adalah untuk menentukan nilai input pada sensor yang digunakan dan outputnya berupa nilai lux dari PWM 8 bit. Berikut ini adalah variabel fuzzy yang

akan diterapkan pada sistem kontrol level kecerahan lampu.

1) Intensitas Cahaya Masuk

Sensor cahaya digital BH1750 digunakan untuk mendapatkan input intensitas cahaya dengan output berupa satuan lux, intensitas cahaya

yang diukur adalah intensitas cahaya yang masuk dari cahaya ruangan. Variabel fuzzy intensitas cahaya masuk memiliki 4 (empat) derajat keanggotaan yang ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13. Derajat Keanggotaan Variabel Intensitas Cahaya Masuk (lux)

$$(x)_{\text{gelap}} \begin{cases} 1 : x \leq 10 \\ \frac{25-x}{25-10} : 10 < x \leq 25 \\ 0 : x > 25 \end{cases} \quad (13)$$

$$(x)_{\text{SR}} \begin{cases} 0 : x < 20 \text{ atau } x > 100 \\ \frac{x-20}{60-20} : 20 \leq x \leq 60 \\ \frac{100-x}{100-60} : 60 < x \leq 100 \end{cases} \quad (14)$$

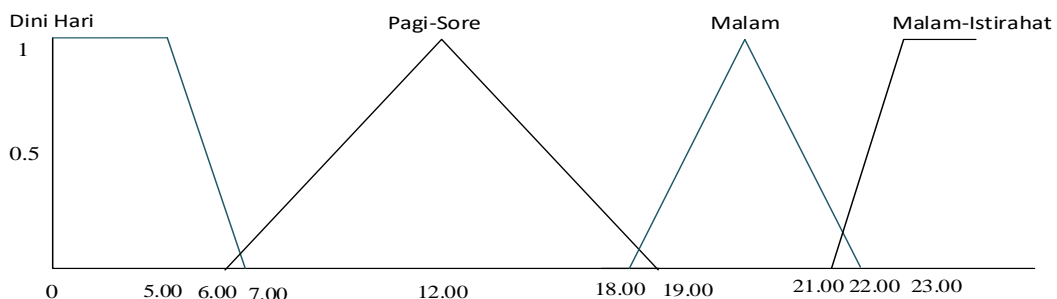
$$(x)_{\text{redup}} \begin{cases} 0 : x < 95 \text{ atau } x > 150 \\ \frac{x-95}{150-95} : 95 \leq x \leq 150 \\ \frac{200-x}{200-150} : 150 < x \leq 200 \end{cases} \quad (15)$$

$$(x)_{\text{terang}} \begin{cases} 0 : x \leq 195 \\ \frac{x-195}{250-195} : 195 \leq x \leq 250 \\ 1 : x > 250 \end{cases} \quad (16)$$

2) Waktu Wilayah (Time Zone)

Waktu berupa jam dan menit juga digunakan sebagai indikator penentu keluaran tingkat

kecerahan lampu. Penelitian ini menggunakan tipe setting waktu 24 jam (00.00 sd 24.00), waktu ini akan disesuaikan zona aplikasi yang diberlakukan oleh user dalam penelitian ini diterapkan time zone (GMT+07:00) Asia/Jakarta. Penelitian ini membuat 4 (empat) anggota himpunan, yaitu Dini Hari (waktu yang ditetapkan untuk istirahat/tidur dengan meniadakan/atau mengurangi penerangan di beberapa ruangan), Pagi sampai dengan Sore (waktu yang mengandalkan penerangan dari sinar matahari), Malam (waktu yang membutuhkan penerangan dengan cahaya lampu karena di waktu tersebut adalah waktu dimana penghuni masih beraktifitas) dan Malam Istirahat ini merupakan waktu yang kurang lebih sama konsepnya dengan Dini Hari. Dalam penelitian ini waktu MENIT dibagi dengan 60. Pada gambar 14 ditunjukkan derajat keanggotaan Waktu.



Gambar 14. Derajat Keanggotaan Waktu (Jam dan menit)

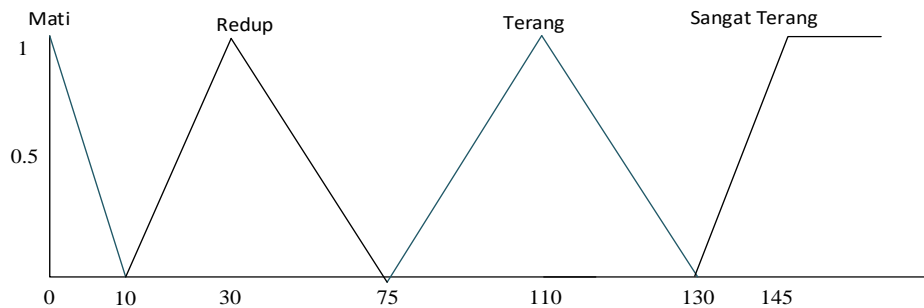
$$(y)\text{dini hari} \begin{cases} 1 : y \leq 5 \\ \frac{7-y}{7-5} : 5 < y \leq 7 \\ 0 : y > 7 \end{cases} \quad (17)$$

$$(y)\text{PS} \begin{cases} 0 : y < 6 \text{ atau } y > 19 \\ \frac{y-6}{12-6} : 6 \leq y \leq 12 \\ \frac{19-y}{19-12} : 12 < y \leq 19 \end{cases} \quad (18)$$

$$(y)\text{Malam} \begin{cases} 0 : y < 18 \text{ atau } y > 22 \\ \frac{y-18}{20-18} : 18 \leq y \leq 20 \\ \frac{22-y}{22-20} : 20 < y \leq 22 \end{cases} \quad (19)$$

$$(y)\text{M_Istirahat} \begin{cases} 0 : y \leq 21 \\ \frac{y-21}{23-21} : 21 < y \leq 23 \\ 1 : y > 23 \end{cases} \quad (20)$$

Pada gambar 15 menunjukkan derajat keanggotaan fuzzy tingkat intensitas cahaya *output*. Himpunan anggota Fuzzy Intensitas lampu ruangan (lux), penelitian ini mengacu standar pencahayaan Standar Nasional Indonesia (SNI)[10].



Gambar 14. Derajat Keanggotaan Fuzzy Intensitas Cahaya Output Lampu

$$(z)\text{mati} \begin{cases} 1 : z \leq 10 \\ \frac{10-z}{10-0} : 0 < z \leq 10 \\ 0 : z > 10 \end{cases} \quad (21)$$

$$(z)\text{redup} \begin{cases} 0 : z < 10 \text{ atau } z > 70 \\ \frac{z-10}{30-10} : 10 \leq z \leq 30 \\ \frac{75-z}{75-30} : 30 < z \leq 75 \end{cases} \quad (22)$$

$$(z)\text{terang} \begin{cases} 0 : z < 75 \text{ atau } z > 135 \\ \frac{z-75}{110-75} : 75 \leq z \leq 110 \\ \frac{130-z}{130-110} : 110 < z \leq 130 \end{cases} \quad (23)$$

$$(z)\text{S. Terang} \begin{cases} 0 : z \leq 130 \\ \frac{z-130}{145-130} : 130 < z \leq 145 \\ 1 : z \leq 145 \end{cases} \quad (24)$$

Fuzzy Rules pada automasi lampu adalah sebagai berikut:

Aturan 1 : If Jam DINI HARI And Cahaya GELAP Then Level REDUP

Aturan 2 : If Jam DINI HARI And Cahaya SANGAT REDUP Then Level MATI

Aturan 3 : If Jam DINI HARI And Cahaya REDUP Then Level MATI

Aturan 4 : If Jam DINI HARI And Cahaya TERANG Then Level MATI

Aturan 5 : If Jam PAGI-SORE And Cahaya GELAP Then Level TERANG

Aturan 6 : If Jam PAGI-SORE And Cahaya SANGAT REDUP Then Level REDUP

Aturan 7 : If Jam PAGI-SORE And Cahaya REDUP Then Level REDUP

Aturan 8 : If Jam PAGI-SORE And Cahaya TERANG Then Level MATI

Aturan 9 : If Jam MALAM And Cahaya GELAP Then Level SANGAT TERANG

Aturan 10 : If Jam MALAM And Cahaya SANGAT REDUP Then Level SANGAT TERANG

Aturan 11 : If Jam MALAM And Cahaya REDUP Then Level SANGAT TERANG

Aturan 12 : If Jam MALAM And Cahaya TERANG Then Level TERANG

Aturan 13 : If Jam MALAM ISTIRAHAT And Cahaya GELAP Then Level REDUP

Aturan 14 : If Jam MALAM ISTIRAHAT And Cahaya SANGAT REDUP Then Level MATI

Aturan 15 : If Jam MALAM ISTIRAHAT And Cahaya REDUP Then Level MATI

Aturan 16 : If Jam MALAM ISTIRAHAT And Cahaya TERANG Then Level MATI

Salah satu hasil pengujian, dengan data Intensitas Cahaya Masuk adalah 18 lux dan Waktu pukul 1:67 maka:

Intensitas Cahaya Masuk = 18 lux

$$\begin{aligned} (x)\text{gelap} & \left\{ \begin{aligned} \frac{25-x}{25-10} &= \frac{25-18}{25-10} = 0,4667 \\ (x)\text{sangat redup} &= 0 \\ (x)\text{redup} &= 0 \\ (x)\text{terang} &= 0 \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

Waktu pukul = 1:67

Berdasarkan fuzzyfikasi, pukul 1:67 termasuk waktu dibawah pukul 5:00, maka nilai fuzzy-nya adalah "1", maka didapat keseluruhannya :

$$\begin{aligned} (y)\text{dini hari} &= 1 \\ (y)\text{PS} &= 0 \\ (y)\text{malam} &= 0 \\ (y)\text{kering} &= 0 \\ (y)\text{normal} &= 0 \\ (y)\text{M_Istirahat} &= 0 \end{aligned}$$

Berdasarkan aturan fuzzy yang sudah ditentukan, maka didapatkan implikasi

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \min(\mu_p_DINI\ HARI[1,67], \mu_p_GELAP[18]) \\ &= \min(1; 0,4667) = 0,4667 \end{aligned}$$

Defuzzyfikasi Intensitas Cahaya Lampu

$$\begin{aligned} \alpha_1 \rightarrow \text{Bawah } 0,4667 &= \frac{x-10}{30-10} \\ 0,4667 \times (30-10) &= x-10 \\ (0,4667 \times (30-10))+10 &= x \\ 19,3333 &= x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Atas } 0,4667 &= \frac{75-x}{75-30} \\ 0,4667 \times (75-30) &= 75-x \\ (0,4667 \times (75-30)) &= 75-x \\ x &= 75 - (0,4667 \times (75-30)) \\ &= 54 \end{aligned}$$

$$\mu_{SF}[z] = \begin{cases} 0, & 0 \leq 10 \text{ atau } \geq 75 \\ \frac{x-10}{30-10}, & 10 \leq x \leq 30 \\ 0,4667, & 19,3333 \leq x \leq 54 \\ \frac{75-x}{75-30}, & 54 \leq x \leq 130 \end{cases} \quad (25)$$

Disederhanakan

$$\mu_{SF}[z] = \begin{cases} 0, & 0 \leq 10 \text{ atau } \geq 75 \\ 0,05x - 0,5 & 75 \leq x \leq 19,3333 \\ 0,4667, & 19,3333 \leq x \leq 54 \\ 1,6667 - 0,0222x, & 54 \leq x \leq 75 \end{cases}$$

Mencari Luas Area

$$A_1 = \frac{\text{alas}A_1 \times \text{tinggi} A_1}{2} = \frac{(19,3333-10) \times 0,4667}{2} = 2,1778$$

$$\begin{aligned} A_2 &= \text{panjang} A_2 \times \text{lebar} A_2 \\ &= (54 - 19,3333) \times 0,4667 = 16,1778 \end{aligned}$$

$$A_3 = \frac{\text{alas}A_3 \times \text{tinggi} A_3}{2} = \frac{(75-54) \times 0,4667}{2} = 4,9$$

Menghitung Momentum

$$\begin{aligned} M_1 &= \int_{10}^{19,3333} (0,05z - 0,5)z \, dz \\ &= \int_{10}^{19,3333} (0,05z^2 - 0,5z) \, dz \\ &= [0,0167z^3 - 0,25z^2]_{10}^{19,3333} \\ &= (0,0167 \times (19,3333)^3 - 0,25 \times (19,3333)^2) - \\ &\quad (0,0167 \times (10)^3 - 0,25 \times (10)^2) \\ &= \mathbf{35,328} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= \int_{19,3333}^{54} (0,4667)z \, dz \\ &= \int_{19,3333}^{54} (0,4667z) \, dz \\ &= [0,2333z^2]_{19,3333}^{54} \\ &= (0,2333 \times (54)^2) - (0,2333 \times (19,3333)^2) \\ &= \mathbf{593,1852} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_3 &= \int_{54}^{75} (1,6667 - 0,0222z)z \, dz \\ &= \int_{54}^{75} (1,6667z - 0,0222z^2) \, dz \\ &= [0,8333z^2 - 0,0074z^3]_{54}^{75} \\ &= ((0,8333 \times (75)^2) - (0,0074 \times (75)^3)) - \\ &\quad ((0,8333 \times (54)^2) - (0,0074 \times (54)^3)) \\ &= \mathbf{298,9} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z^* &= \frac{M_1 + M_2 + M_3}{A_1 + A_2 + A_3} \\ &= \frac{35,328 + 593,1852 + 298,9}{2,1778 + 16,1778 + 4,9} \\ &= \mathbf{39,88} \end{aligned}$$

Nilai Z^* ini merupakan ukuran lux dari output intensitas cahaya lampu 39,88 lux dan termasuk anggota himpunan kecepatan kipas angin "Redup"

4. KESIMPULAN

Penerapan Fuzzy Logic Mamdani dalam penelitian ini mendapatkan hasil perhitungan defuzzy dari *rules base* akurat 100% dengan implementasi automasi pada Kipas Angin dan Lampu. Penggunaan aplikasi Blynk yang

merupakan platform sistem operasi IOS dan Android sangat sesuai untuk integrasi mengontrol arduino ESP32 melalui jaringan internet. Pembacaan sensor dibutuhkan *delay time* 2 detik. Sensor BH1750, DHT22 dan PZEM sangat akurat dalam pembacaan data.

PERNYATAAN PENGHARGAAN

Penulis menyampaikan rasa bersyukur yang mendalam kepada Tuhan yang memberikan kesehatan kepada para peneliti di masa COVID19 ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan tepat waktu dan lancar. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Bunda Mulia yang telah memberikan dana riset atas penelitian ini. Terima kasih kepada tim peneliti atas kerja sama yang baik sehingga penelitian ini dapat sesuai yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Sehgal and S. More, "Home Automation using IOT and Mobile App," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 694–698, 2017, [Online]. Available: <https://irjet.net/archives/V4/i2/IRJET-V4I2131.pdf>.
- [2] S. Batubara, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan," *It J. Res. Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2017, doi: 10.25299/itjrd.2017.vol2(1).644.
- [3] N. Nugraha and S. Supriyadi, "Aplikasi Pengontrolan Lampu Menggunakan Arduino Uno Dengan Algoritma Fuzzy Logic Berbasis Android," *J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 50–64, 2015.
- [4] P. S. Juwita, J. Halomoan, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Menggunakan Algoritma Greedy Untuk Otomatisasi Rumah Design and Implementation of Power Management Using Greedy," vol. 4, no. 2, pp. 1512–1519, 2017.
- [5] D. Dermawan, "Pengatur Kecepatan Kipas Angin Listrik Berbasis Pulse Width Modulation," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 13, no. 1, p. 68, 2016, doi: 10.31963/elekterika.v13i1.995.
- [6] Blynk, "Blynk Document," 2020. <https://docs.blynk.cc/> (accessed Jun. 01, 2020).
- [7] B. D. I. Pangkalpinang, "PERSAMAAN REGRESI UNTUK SIMULASI PREDIKSI TOTAL HUJAN," 2011.
- [8] M. Kesehatan and R. Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia No 1077/Menkes/PER/2011," 2011.
- [9] S. Wirjohamidjojo and Y. S. Swarinoto, "Praktek meteorologi pertanian," p. 191 hal., 2007.
- [10] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "SNI 03-6197-2000 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Konservasi energi pada sistem pencahayaan," *Buku Sni*, p. 3.8, 2000.