

**SISTEM CERDAS PENGENDALIAN LAMPU BERBASIS IOT DENGAN LOGIKA  
FUZZY UNTUK EFISIENSI ENERGI**

**DISUSUN OLEH**

**RYDO TAMA HARIONO**

**2109020017**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**2025**

**SISTEM CERDAS PENGENDALIAN LAMPU BERBASIS IOT DENGAN LOGIKA  
FUZZY UNTUK EFISIENSI ENERGI**

**DISUSUN OLEH**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) dalam  
Program Studi Teknologi Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi,  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Oleh:

**RYDO TAMA HARIONO**

**2109020017**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**2025**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : SISTEM CERDAS PENGENDALIAN LAMPU BERBASIS IOT  
DENGAN LOGIKA FUZZY UNTUK EFISIENSI ENERGI  
Nama Mahasiswa : RYDO TAMA HARIONO  
NPM : 2109020017  
Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui  
Komisi Pembimbing



(Indah Purnama Sari, S.T.,M.Kom)  
NIDN.0116049001

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom.,M.Kom)  
NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom.,M.Kom)  
NIDN. 0127099201

## PERYATAAN ORISINALITAS

### SISTEM CERDAS PENGENDALIAN LAMPU BERBASIS IOT DENGAN LOGIKA FUZZY UNTUK EFISIENSI ENERGI

#### SKRIPSI

saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing masing disebutkan sumbernya

Medan, 18 Oktober 2025  
Yang membuat pernyataan



Rydo Tama Hariono  
Npm 2109020017

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN  
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

|               |                       |
|---------------|-----------------------|
| Nama          | : Rydo Tama Hariono   |
| NPM           | : 2109020017          |
| Program Studi | : Teknologi Informasi |
| Karya Ilmiah  | : Skripsi             |

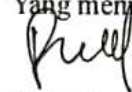
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**SISTEM CERDAS PENGENDALIAN LAMPU BERBASIS IOT DENGAN LOGIKA FUZZY UNTUK EFISIENSI ENERGI**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 18 Oktober 2025  
Yang membuat pernyataan



Rydo Tama Hariono  
Npm 2109020017

## **RIWAYAT HIDUP**

### **DATA PRIBADI**

Nama Lengkap : Rydo Tama Hariono  
Tempat dan Tanggal Lahir : Penggalangan, 12 November 2003  
Alamat Rumah : Dusun III Desa Penggalangan  
Telepon/Faks/HP : 085359593668  
E-mail : tamarydo@gmail.com  
Instansi Tempat Kerja : -  
Alamat Kantor : -

### **DATA PENDIDIKAN**

SD : SDN 104320 Desa Penggalangan TAMAT: 2015  
SMP : SMP N 9 Tebing Tinggi TAMAT: 2018  
SMA : SMA Swasta F Tandean TAMAT: 2021

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Parkir Mahasiswa Menggunakan NFC untuk Pengelolaan Akses Kendaraan Sepeda Motor di Kampus UMSU". Proposal ini disusun sebagai bagian dari syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulisan proposal ini tentunya tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta kekuatan kepada penulis sehingga proposal ini dapat disusun dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara beserta jajaran yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas kepada penulis untuk menimba ilmu di kampus tercinta ini.
3. Bapak Dekan Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi UMSU beserta seluruh staf akademik yang telah memberikan ilmu, motivasi, serta lingkungan

belajar yang kondusif selama masa studi.

4. Bapak/Ibu Dosen Pengajar di Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi yang telah membimbing, memberikan wawasan, serta mendukung penulis dalam memahami ilmu teknologi informasi secara menyeluruh.
5. Ibu Indah Purnama Sari S, T, M. Kom Dosen Pembimbing Skripsi Saya yang sudah sabar membrikan arahan, masukan yang membangun, serta semangat kepada saya selama mengerjakan skripsi ini.
6. Ibu saya Novrista Hasibuan, Uwo saya Rismalina Hasibuan Serta saudara-saudara saya yang telah membantu saya sampai sejauh ini yang telah menjadi sosok penting dalam hidup penulis. Doa-doa mereka yang tidak pernah putus dan tulus dukungan moral dan material yang tidak pernah putus dan terus mengalir, serta semangat ibu saya yang tidak pernah putus dan doa-doa yang selalu menjadi kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Kepada para sahabat saya Jundi Al-qowie Siahaan dan Alwi Hidayat dan Teman Teman SMA serta teman Kuliah yang Bernama Ijlal Fadhil Nainggolan, Salfariz Akbar, Dan Muhazrin Ibnu serta Teman-teman kontraan yang selalu menjadi bagian dari penulis serta selama menempuh Pendidikan, Suasana kekeluargaan, saling pengertian serta saling bantu dan saling kerja sama yang terjalin di dalam lingkungan Kontraan maupun lingkungan kuliah. Dukungan kalian menjadi penyemangat ditengah lelah selama Menyusun tugas akhir ini. Semoga

kalian sukses terus di masa depan!

8. Kepada seseorang yang spesial yang nama nya tidak bisa disebut oleh penulis yang selalu memberikan semangat, pengertian dan dukungan moral serta terus membantu penulis disaat penulis hampir menyerah. Kehadiran mu menjadi energi tambahan yang membuat penulis terus melangkah.
9. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada diri sendiri karena telah bisa bertahan sampai sejauh ini, Skripsi ini adalah hasil dari proses panjang, penuh perjuangan, kelelahan, bahkan keraguan. Namun, di balik itu semua, ada satu hal yang tidak boleh penulis lupakan, yaitu diri sendiri. Kepada diri ini, terima kasih telah bertahan sejauh ini. Terima kasih sudah berani melangkah, meski seringkali ingin menyerah. Terima kasih karena tidak berhenti berjuang, walaupun jalan terasa berat. Perjalanan ini mengajarkan bahwa pencapaian bukan hanya tentang hasil akhir, tetapi tentang bagaimana seseorang mampu melewati setiap ujian, bangkit dari rasa lelah, dan tetap menjaga keyakinan. Skripsi ini menjadi bukti nyata bahwa penulis mampu menghadapi tantangan, meski terkadang penuh keterbatasan.

# **SISTEM CERDAS PENGENDALIAN LAMPU BERBASIS IOT DENGAN LOGIKA FUZZY UNTUK EFISIENSI ENERGI**

## **ABSTRAK**

Penggunaan energi listrik pada sektor rumah tangga seringkali kurang efisien karena lampu masih dikendalikan secara manual oleh pengguna. Hal ini menyebabkan lampu tetap menyala meskipun kondisi ruangan sudah terang atau tidak ada orang di dalamnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang sebuah sistem cerdas pengendalian lampu berbasis Internet of Things (IoT) dengan dukungan sensor LDR dan PIR yang dikombinasikan dengan logika fuzzy. Sistem ini tidak hanya mampu menyalakan dan mematikan lampu secara otomatis sesuai kondisi pencahayaan dan keberadaan orang, tetapi juga memberikan notifikasi melalui aplikasi Telegram sebagai bentuk monitoring jarak jauh.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem cerdas pengendalian lampu berbasis IoT dengan logika fuzzy dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik sekaligus memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan monitoring. Sistem ini masih memiliki keterbatasan pada jangkauan sinyal internet dan sensitivitas sensor, sehingga pada penelitian berikutnya dapat ditambahkan fitur kontrol manual melalui aplikasi serta integrasi dengan lebih banyak perangkat smart home.

Kata Kunci: IoT, Sensor LDR, Sensor PIR, Logika Fuzzy, Telegram, Efisiensi Energi

# **Smart IOT-Based Light Control System with Fuzzy Logic for Energy Efficiency**

## **ABSTRACT**

Electrical energy use in the household sector is often inefficient because lighting is still manually controlled by the user. This results in lights remaining on even when the room is bright or empty. Therefore, this study designed an Internet of Things (IoT)-based intelligent lighting control system supported by LDR and PIR sensors combined with fuzzy logic. This system not only automatically turns lights on and off based on lighting conditions and human presence but also provides notifications via the Telegram app for remote monitoring.

The conclusion of this study is that an IoT-based intelligent lighting control system with fuzzy logic can improve electrical energy efficiency while providing user-friendly monitoring. This system still has limitations in internet signal range and sensor sensitivity; therefore, future research could include manual control features through an app and integration with more smart home devices.

**Keywords:** IoT, LDR Sensor, PIR Sensor, Fuzzy Logic, Telegram, Energy Efficiency

## DAFTAR ISI

|                                                    |             |
|----------------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>                    | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                         | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                          | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                          | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR GRAFIK .....</b>                         | <b>xv</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                      | <b>1</b>    |
| <b>1.1 Latar Belakang.....</b>                     | <b>1</b>    |
| <b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>                   | <b>4</b>    |
| <b>1.3 Batasan Masalah .....</b>                   | <b>4</b>    |
| <b>1.4 Tujuan Penelitian .....</b>                 | <b>5</b>    |
| <b>1.5 Manfaat Penelitian.....</b>                 | <b>5</b>    |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                | <b>6</b>    |
| <b>2.1 Penelitian Terdahulu.....</b>               | <b>6</b>    |
| <b>2.2 Teknologi informasi .....</b>               | <b>7</b>    |
| <b>2.2.1 Teknologi.....</b>                        | <b>7</b>    |
| <b>2.2.2 Informasi.....</b>                        | <b>8</b>    |
| <b>2.4 Smart Home.....</b>                         | <b>9</b>    |
| <b>2.5 Sistem Pengendalian Lampu Otomatis.....</b> | <b>10</b>   |
| <b>2.6 Logika Fuzzy .....</b>                      | <b>11</b>   |
| <b>2.9 ESP32 .....</b>                             | <b>13</b>   |
| <b>2.11 Sensor Gerak (PIR).....</b>                | <b>15</b>   |
| <b>2.12 Lampu LED/ Modul Relay.....</b>            | <b>16</b>   |
| <b>2.14 Expansion Board.....</b>                   | <b>17</b>   |
| <b>2.15 Arduino IDE .....</b>                      | <b>18</b>   |
| <b>2.16 Telegram.....</b>                          | <b>19</b>   |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>         | <b>20</b>   |
| <b>3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian .....</b>   | <b>20</b>   |

|                                                |                                     |
|------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>3.4 Metode Penelitian.....</b>              | <b>21</b>                           |
| <b>3.6 Perancangan Sistem.....</b>             | <b>23</b>                           |
| <b>3.6.1 Perancangan Perangkat Keras .....</b> | <b>23</b>                           |
| <b>3.6.2 Perancangan Perangkat Lunak .....</b> | <b>24</b>                           |
| <b>3.6.3 Diagram Blok Sistem .....</b>         | <b>24</b>                           |
| <b>3.7 Perancangan Logika Fuzzy .....</b>      | <b>24</b>                           |
| <b>3.7 Flowchart Sistem.....</b>               | <b>26</b>                           |
| <b>3.8 Teknik Pengumpulan Data.....</b>        | <b>26</b>                           |
| <b>3.9 Teknik Pengujian Sistem .....</b>       | <b>26</b>                           |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>        | <b>30</b>                           |
| <b>4.1 Analisis Sistem Sebelumnya .....</b>    | <b>30</b>                           |
| <b>4.2 Pengujian Alat .....</b>                | <b>30</b>                           |
| <b>4.3 Tampilan Telegram .....</b>             | <b>32</b>                           |
| <b>4.4 Tampilan Alat .....</b>                 | <b>32</b>                           |
| <b>4.5 Kelebihan Sistem.....</b>               | <b>34</b>                           |
| <b>4.6 Kekurangan Sistem.....</b>              | <b>34</b>                           |
| <b>4.7 Evaluasi Sistem.....</b>                | <b>34</b>                           |
| <b>4.8 Dokumentasi Sistem.....</b>             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>        | <b>39</b>                           |
| <b>5.1 Kesimpulan .....</b>                    | <b>39</b>                           |
| <b>5.2 Saran .....</b>                         | <b>39</b>                           |

## DAFTAR GAMBAR

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| Gambar 2. 1 ESP32.....                        | 14        |
| Gambar 2. 2 Sensor Cahaya(LDR) .....          | 15        |
| Gambar 2. 3 Sensor Gerak(PIR) .....           | 16        |
| Gambar 2. 4 Lampu LED/Modul Relay .....       | 17        |
| Gambar 2.5 Power Supply/Adaptor 5v .....      | 17        |
| Gambar 2. 6 Breadboard Dan Kabel Jumper ..... | 18        |
| Gambar 2. 7 Arduino IDE.....                  | 19        |
| Gambar 2. 8 Telegram.....                     | 19        |
| Gambar 3. 1 Diagram Block .....               | 24        |
| Gambar 3. 2 Flowchart .....                   | 26        |
| Gambar 4.1 Tampilan Telegram.....             | 32        |
| <u>Gambar 4.2 Tampilan Alat .....</u>         | <u>33</u> |

## DAFTAR TABEL

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Metode R&D .....                     | 11 |
| Tabel 3.1 Gambar Alat & Bahan .....            | 21 |
| Tabel 3.2 Tabel Aturan (Rule Base Fuzzy) ..... | 27 |
| Tabel 4 Tabel Pengujian Alat .....             | 30 |

## **DAFTAR GRAFIK**

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Grafik 3. 1 Fungsi Keanggotaan Sensor PIR.....      | 28 |
| Grafik 3. 2 Fungsi Keanggotaan sensor LDR(Lux)..... | 28 |
| Grafik 3. 3 Fungsi Keanggotaan Ouput Lampu.....     | 29 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan akan efisiensi energi semakin mendesak seiring meningkatnya konsumsi daya listrik di berbagai sektor, baik rumah tangga, perkantoran, maupun fasilitas umum. Salah satu komponen penting dalam konsumsi energi adalah penggunaan lampu sebagai alat penerangan. Penggunaan lampu secara konvensional sering kali tidak memperhatikan kondisi lingkungan sekitar, seperti tetap menyala meskipun ruangan kosong atau pencahayaan yang berlebihan padahal cahaya alami sudah cukup. Hal ini menjadi penyebab terjadinya pemborosan energi yang berdampak pada meningkatnya biaya listrik dan turut menyumbang pada masalah lingkungan akibat pemborosan sumber daya energi.

Seiring berkembangnya teknologi, khususnya Internet of Things (IoT), pengendalian perangkat listrik kini dapat dilakukan secara otomatis dan real-time berdasarkan data dari berbagai sensor. IoT memungkinkan sistem untuk mendeteksi kondisi lingkungan dan mengambil tindakan sesuai kebutuhan. Namun, pendekatan otomatisasi berbasis logika biner (ON/OFF) sering kali kurang fleksibel dan tidak adaptif terhadap kondisi nyata yang dinamis. Untuk mengatasi hal tersebut, penggunaan logika fuzzy menjadi pendekatan yang lebih tepat, karena dapat menangani ketidakpastian dan membuat keputusan secara gradual, menyerupai cara berpikir manusia.

Beberapa penelitian sebelumnya mendukung efektivitas pendekatan ini. Dalam jurnal berjudul *“Smart Room Lighting System for Energy Efficiency in Indoor Environment”*, peneliti mengembangkan sistem pencahayaan ruangan cerdas berbasis ESP32 dan logika fuzzy yang mampu mengatur pencahayaan dengan mempertimbangkan intensitas cahaya alami dan kehadiran manusia di dalam ruangan. Hasilnya menunjukkan efisiensi daya lampu mencapai

93% dan efisiensi energi hingga 70%, menunjukkan bahwa penerapan logika fuzzy pada sistem berbasis IoT memberikan dampak signifikan terhadap penghematan energi.(Ramadhani et al., 2022)

Logika fuzzy adalah suatu bentuk logika matematika yang dikembangkan secara khusus untuk menangani berbagai permasalahan yang berkaitan dengan ketidakpastian, ketidakjelasan, serta nilai-nilai yang bersifat samar, tidak tegas, atau ambigu. Dalam kehidupan sehari-hari, seringkali kita dihadapkan pada situasi yang tidak bisa dijelaskan dengan hanya dua pilihan mutlak, seperti "iya" atau "tidak", "benar" atau "salah", atau "ya" dan "tidak". Oleh karena itu, logika fuzzy hadir sebagai solusi untuk menjembatani keadaan-keadaan tersebut dengan memberikan rentang nilai yang lebih fleksibel dan mendekati kenyataan. Tidak seperti logika klasik atau logika biner (boolean logic) yang hanya mengenal dua nilai kebenaran, yaitu 0 yang berarti salah (false) dan 1 yang berarti benar (true), logika fuzzy memungkinkan nilai-nilai berada di antara keduanya, seperti 0.1, 0.4, 0.75, bahkan 0.99, tergantung pada tingkat kebenaran atau derajat keanggotaan terhadap suatu kondisi.

Dengan kata lain, dalam logika fuzzy, suatu pernyataan tidak harus dianggap sepenuhnya benar ataupun sepenuhnya salah, melainkan bisa dikatakan sebagai sebagian benar dan sebagian salah secara bersamaan. Misalnya, ketika seseorang mengatakan bahwa suhu udara “hangat”, makna dari kata “hangat” itu sendiri tidak memiliki batasan yang jelas atau tetap, karena bisa saja berbeda tergantung pada persepsi tiap orang atau konteks tempatnya. Suhu 28°C bisa dianggap hangat oleh seseorang yang tinggal di daerah sejuk, tetapi mungkin dianggap biasa saja atau bahkan dingin oleh seseorang yang terbiasa tinggal di wilayah tropis. Inilah yang menjadi kekuatan utama dari logika fuzzy, yaitu kemampuannya untuk menangkap nuansa dan gradasi dalam persepsi manusia.

Melalui pengamatan dan pemikiran pribadi, saya menilai bahwa sistem pencahayaan seharusnya tidak hanya bersifat otomatis, tetapi juga cerdas dan adaptif. Penggabungan teknologi IoT dan logika fuzzy menjadi pendekatan yang relevan untuk menjawab tantangan tersebut. Dengan sistem yang mampu menyesuaikan intensitas pencahayaan berdasarkan kondisi aktual seperti kehadiran manusia, suhu, dan cahaya sekitar, efisiensi energi dapat tercapai tanpa mengurangi kenyamanan pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem cerdas pengendalian lampu berbasis IoT dan logika fuzzy sebagai solusi praktis dan inovatif untuk efisiensi energi.

Dalam era modern yang semakin menuntut efisiensi energi, perancangan sistem pengendalian lampu otomatis menjadi solusi yang penting untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik, terutama di lingkungan rumah, kantor, maupun fasilitas umum. Sistem ini dirancang untuk menyalakan atau mematikan lampu secara otomatis berdasarkan kondisi tertentu, seperti tingkat pencahayaan sekitar atau keberadaan manusia dalam ruangan. Untuk mencapai efisiensi yang lebih adaptif dan cerdas, diperlukan integrasi antara teknologi Internet of Things (IoT) dan logika fuzzy. IoT memungkinkan sensor-sensor seperti sensor cahaya (LDR) dan sensor gerak (PIR) untuk mengirimkan data secara real-time ke sistem pusat, sedangkan logika fuzzy berperan dalam menganalisis data tersebut dengan pendekatan yang menyerupai cara manusia mengambil keputusan. Misalnya, ketika cahaya alami di dalam ruangan mulai redup dan terdeteksi adanya aktivitas manusia, sistem dapat secara otomatis mengatur intensitas lampu agar tetap terang namun tidak boros energi. Dengan menggabungkan kemampuan penginderaan IoT dan fleksibilitas logika fuzzy, sistem pengendalian lampu dapat bekerja secara dinamis mengikuti perubahan lingkungan, bukan hanya berdasarkan ambang batas tetap seperti pada sistem konvensional. Berdasarkan pengujian dan kajian awal, sistem ini terbukti efektif

dalam mengurangi konsumsi energi listrik, karena hanya mengaktifkan lampu sesuai kebutuhan nyata dan menghindari pemborosan akibat lampu menyala terus-menerus. Efektivitas ini tidak hanya berdampak pada penghematan biaya, tetapi juga mendukung upaya keberlanjutan lingkungan melalui pengurangan penggunaan energi yang berlebihan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana merancang sistem pengendalian lampu otomatis yang mampu mengoptimalkan penggunaan energi listrik?
- b. Bagaimana mengintegrasikan teknologi IoT dengan logika fuzzy untuk mengendalikan lampu secara adaptif terhadap kondisi lingkungan?
- c. Sejauh mana efektivitas sistem yang dikembangkan dalam mengurangi konsumsi energi listrik?

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini terfokus dan dapat dilakukan secara optimal, maka batasan masalah yang ditetapkan adalah:

- a. Sistem hanya mengendalikan lampu berbasis data dari sensor cahaya, sensor gerak, dan suhu.
- b. Perangkat keras yang digunakan terbatas pada mikrokontroler ESP32, sensor LDR, dan modul IoT berbasis WiFi.
- c. Logika yang digunakan dalam penelitian ini adalah Logika Fuzzy.
- d. Ruang lingkup pengujian dilakukan pada satu ruangan indoor (simulasi atau ruangan nyata terbatas).

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Merancang sistem cerdas pengendalian lampu berbasis IoT dengan penerapan logika fuzzy.
- b. Mengembangkan sistem otomatisasi pencahayaan yang responsif terhadap kondisi lingkungan untuk efisiensi energi.
- c. Menguji efektivitas sistem dalam mengurangi konsumsi daya listrik tanpa mengurangi kenyamanan pencahayaan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

Manfaat Teoritis:

- a. Memberikan pemahaman lebih lanjut mengenai penerapan logika fuzzy dalam sistem otomatis berbasis IoT.
- b. Menjadi referensi dalam pengembangan sistem efisiensi energi berbasis teknologi cerdas.

Manfaat Praktis:

- a. Memberikan solusi efisien dalam pengendalian lampu untuk rumah tangga, sekolah, maupun kantor.
- b. Menyediakan sistem yang mudah diimplementasikan dengan biaya rendah dan teknologi yang tersedia secara luas.
- c. Mendukung upaya penghematan energi dan kontribusi terhadap lingkungan yang lebih berkelanjutan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Berbagai penelitian telah dilakukan sebelumnya untuk mengembangkan sistem pengendalian energi listrik secara otomatis, terutama dengan memanfaatkan teknologi IoT dan logika fuzzy sebagai solusi efisiensi energi.

Rizky dan Sahita dalam penelitiannya yang berjudul *"Fuzzy Logic and IoT Integration for Smart Street Lighting Systems"* mengembangkan sistem penerangan jalan yang memanfaatkan kombinasi IoT dan logika fuzzy. Sistem ini menggunakan sensor untuk mendeteksi kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya dan pergerakan kendaraan, kemudian menyesuaikan pencahayaan secara otomatis. Hasilnya menunjukkan peningkatan efisiensi energi hingga 40% karena pengendalian lampu dilakukan secara adaptif dan berbasis kondisi nyata di lapangan (Putra, 2024a).

Penelitian lain oleh tim peneliti dalam jurnal *"Smart Room Lighting System for Energy Efficiency in Indoor Environment"* menggunakan ESP32 dan logika fuzzy untuk mengontrol pencahayaan di dalam ruangan. Sistem ini merespons intensitas cahaya alami dan kehadiran orang di ruangan untuk menyesuaikan pencahayaan buatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengurangi konsumsi daya hingga 93% dan total konsumsi energi sebesar 70%, membuktikan efektivitas sistem otomatis berbasis fuzzy logic (Ramadhani et al., 2022).

Penelitian oleh Atiek Nuraini (2023) juga membuktikan bahwa logika fuzzy dapat digunakan untuk mengontrol pemakaian lampu dan AC dalam bangunan gedung sekolah. Dengan bantuan mikrokontroler ESP32 dan sensor suhu serta gerak, sistem dapat mendeteksi kondisi ruangan dan mengatur perangkat listrik secara otomatis. Hasilnya menunjukkan

penurunan signifikan dalam konsumsi energi listrik dan pengurangan tagihan bulanan (Untuk et al., n.d.).

Dari berbagai penelitian tersebut, terlihat bahwa integrasi IoT dan logika fuzzy sangat potensial dalam membangun sistem cerdas untuk penghematan energi. Penelitian ini akan melanjutkan dan mengembangkan pendekatan tersebut dalam konteks sistem pencahayaan untuk ruangan, dengan fokus pada efisiensi, otomatisasi, dan kenyamanan pengguna.

## **2.2 Teknologi informasi**

### **2.2.1 Teknologi**

Teknologi merupakan hasil penerapan ilmu pengetahuan yang digunakan untuk mempermudah kehidupan manusia dalam berbagai bidang. Secara umum, teknologi mencakup peralatan, metode, dan sistem yang dirancang untuk menyelesaikan masalah atau meningkatkan efisiensi suatu pekerjaan. Perkembangan teknologi sangat pesat, terutama dalam bidang komunikasi, energi, otomasi, dan informasi. Teknologi dapat bersifat mekanik, digital, elektronik, maupun biologis, tergantung pada bidang aplikasinya. Dalam dunia modern, teknologi menjadi elemen penting dalam transformasi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat. Penggunaan teknologi dapat meningkatkan produktivitas, mempercepat proses kerja, serta mengurangi kesalahan manusia. Contohnya adalah penggunaan mesin otomatis di industri manufaktur, atau perangkat lunak cerdas di bidang pendidikan. Teknologi juga membuka akses luas terhadap pengetahuan melalui jaringan internet dan perangkat digital. Namun demikian, perkembangan teknologi juga menuntut kesiapan sumber daya manusia dalam hal keterampilan dan etika penggunaannya. Oleh karena itu, teknologi harus digunakan secara bijak agar membawa manfaat maksimal bagi kehidupan manusia.

### 2.2.2 Informasi

Informasi adalah kumpulan data yang telah diolah dan diberi makna sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk mengambil keputusan atau memahami suatu kondisi. Informasi memiliki nilai ketika mampu mengurangi ketidakpastian dan membantu seseorang memahami lingkungan atau situasi tertentu. Dalam konteks teknologi informasi, informasi menjadi inti dari segala aktivitas digital, mulai dari input data hingga output berupa laporan atau visualisasi. Sumber informasi bisa berasal dari manusia, sensor, dokumen, maupun sistem digital. Informasi yang akurat, relevan, dan tepat waktu sangat penting dalam pengambilan keputusan, baik dalam bisnis, pemerintahan, maupun kehidupan sehari-hari. Proses konversi dari data mentah menjadi informasi melibatkan pengolahan, analisis, dan interpretasi. Sebagai contoh, angka suhu dari sensor belum menjadi informasi sampai diolah untuk menentukan apakah suatu ruangan terlalu panas atau dingin. Kualitas informasi sangat bergantung pada keabsahan data, metode pengolahan, dan kejelasan penyajiannya. Informasi yang salah atau menyesatkan dapat menyebabkan keputusan yang keliru. Oleh karena itu, pengelolaan informasi memerlukan sistem yang handal, aman, dan terstruktur.

### 2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana objek fisik terhubung ke internet dan mampu mengirim serta menerima data secara otomatis tanpa intervensi manusia. Dalam IoT, berbagai perangkat seperti sensor, dan mikrokontroler bekerja bersama dalam suatu ekosistem yang terhubung untuk menciptakan sistem yang responsif, otomatis, dan cerdas.

IoT terdiri dari tiga komponen utama, yaitu:

- a. **Perangkat Fisik (Hardware):** Sensor (LDR, PIR, dsb.), aktuator (relay), dan mikrokontroler (ESP32,).

- b. **Konektivitas:** Media komunikasi seperti Wi-Fi, Bluetooth, atau yang memungkinkan data dikirimkan dari perangkat ke server.
- c. **Pemrosesan dan Aplikasi:** Data yang dikumpulkan akan dianalisis dan diproses, baik secara lokal maupun melalui platform cloud, lalu digunakan untuk mengambil keputusan otomatis.

Dalam sistem pengendalian lampu berbasis IoT, sensor cahaya dan gerak digunakan untuk mendeteksi kondisi ruangan. Data dari sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler menggunakan algoritma logika fuzzy untuk menentukan apakah lampu harus dinyalakan, dimatikan, atau disesuaikan intensitasnya. Data penggunaan energi juga dapat dikirimkan ke platform cloud untuk pemantauan dan analisis lebih lanjut.

Dengan kemampuannya dalam menghubungkan perangkat dan memberikan kontrol real-time, IoT menjadi fondasi penting dalam pengembangan sistem otomatisasi rumah tangga dan efisiensi energi secara umum.

## 2.4 Smart Home

Smart home atau rumah pintar adalah konsep hunian modern yang mengintegrasikan teknologi untuk mengotomatisasi dan mengendalikan berbagai perangkat rumah tangga seperti lampu, AC, televisi, serta sistem keamanan, dengan tujuan utama meningkatkan kenyamanan, keamanan, dan efisiensi energi bagi penghuninya. Dalam implementasinya, sistem smart home mengandalkan perangkat sensor dan aktuator untuk mendeteksi kondisi lingkungan seperti cahaya, suhu, atau gerakan, kemudian mengirimkan data ke pusat pengendali seperti mikrokontroler atau platform cloud guna mengatur respons perangkat secara otomatis. Sistem ini juga memungkinkan pengendalian jarak jauh melalui aplikasi mobile berbasis internet, sehingga pengguna dapat mengatur perangkat rumah kapan saja dan dari mana saja. Keunggulan lainnya

adalah kemampuannya dalam menghemat energi dengan cara mematikan perangkat yang tidak diperlukan serta menyesuaikan penggunaannya secara cerdas sesuai kebutuhan. Lebih lanjut, integrasi logika fuzzy dalam smart home memberikan kelebihan tambahan karena memungkinkan sistem mengambil keputusan dalam situasi yang tidak pasti atau ambigu, misalnya dalam menilai apakah pencahayaan sudah optimal berdasarkan berbagai parameter secara bersamaan. Dengan kemampuan ini, smart home menjadi solusi efektif dan adaptif terhadap kebutuhan modern yang menuntut efisiensi, kenyamanan, dan kendali yang lebih cerdas terhadap perangkat rumah tangga.

## **2.5 Sistem Pengendalian Lampu Otomatis**

Sistem pengendalian lampu otomatis adalah sistem yang dirancang untuk menyalakan atau mematikan lampu secara otomatis sesuai dengan kondisi tertentu, tanpa harus dinyalakan atau dimatikan secara manual oleh pengguna. Tujuan utama dari sistem ini adalah untuk membuat penggunaan listrik lebih hemat dan menambah kenyamanan. Sistem ini biasanya menggunakan beberapa jenis sensor, seperti sensor gerak (PIR) untuk mendeteksi pergerakan manusia, sensor cahaya (LDR) untuk mengetahui apakah ruangan gelap atau terang, serta timer yang mengatur waktu lampu menyala dan mati secara otomatis. Namun, sistem seperti ini masih memiliki kelemahan karena hanya melihat satu kondisi saja. Misalnya, sensor gerak tidak tahu apakah ruangan butuh cahaya atau tidak, dan sensor cahaya tidak tahu apakah ada orang di dalam ruangan. Akibatnya, lampu bisa menyala saat tidak dibutuhkan, atau mati saat masih diperlukan. Untuk mengatasi hal ini, dibutuhkan sistem yang lebih cerdas dan bisa mempertimbangkan lebih dari satu kondisi sekaligus. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan logika fuzzy. Dengan logika fuzzy, sistem tidak hanya menyalakan atau mematikan lampu, tetapi juga bisa menyesuaikan tingkat kecerahan lampu sesuai dengan keadaan sekitar, seperti seberapa terang

ruangan dan apakah ada orang di dalamnya. Ini membuat sistem menjadi lebih pintar, hemat energi, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

## 2.6 Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah metode pengambilan keputusan yang meniru cara berpikir manusia dalam menghadapi ketidakpastian. Tidak seperti logika biner (true/false atau 0/1), logika fuzzy memungkinkan nilai kebenaran berada di antara 0 dan 1. Hal ini memungkinkan sistem untuk membuat keputusan berdasarkan data yang tidak pasti, ambigu, atau bersifat subjektif.

Konsep dasar dari logika fuzzy adalah himpunan fuzzy (fuzzy set), yaitu himpunan di mana keanggotaan suatu elemen tidak bersifat mutlak, melainkan memiliki derajat keanggotaan (membership) yang berada di antara 0 sampai 1. Misalnya, tingkat pencahayaan bisa dikategorikan sebagai gelap, sedang, atau terang—dan sebuah kondisi bisa termasuk dalam lebih dari satu kategori sekaligus, dengan tingkat keanggotaan yang berbeda.

Komponen utama dari sistem logika fuzzy meliputi:

**Fuzzifikasi (Fuzzification):** Mengubah input yang berupa nilai nyata (crisp) seperti intensitas cahaya atau jumlah gerakan menjadi nilai fuzzy.

**Basis Aturan (Rule Base):** Sekumpulan aturan IF-THEN yang mendeskripsikan logika keputusan berdasarkan pengalaman atau pengetahuan ahli.

**Inferensi Fuzzy (Inference Engine):** Mengolah input fuzzy menggunakan aturan-aturan yang ada untuk menghasilkan kesimpulan fuzzy.

**Defuzzifikasi (Defuzzification):** Mengubah hasil fuzzy menjadi nilai nyata untuk mengontrol aktuator, misalnya menentukan intensitas nyala lampu.

Contoh aturan fuzzy:

IF cahaya lingkungan gelap AND ada orang THEN nyalakan lampu terang

IF cahaya lingkungan terang OR tidak ada orang THEN matikan lampu

Dengan logika fuzzy, sistem pengendalian lampu dapat memberikan respons yang lebih halus dan sesuai kebutuhan dibandingkan sistem logika biner. Ini sangat cocok untuk digunakan dalam smart home, di mana kenyamanan dan efisiensi energi menjadi prioritas utama.

## 2.7 Metode R&D

Metode Research and Development (R&D) digunakan dalam penelitian ini karena melibatkan proses perancangan, pembangunan, dan evaluasi produk teknologi. R&D memfasilitasi pengembangan sistem secara sistematis mulai dari identifikasi masalah hingga uji coba sistem.

*Tabel 2. 1 Metode R&D*

| <b>Tahapan R&amp;D</b> | <b>Deskripsi Kegiatan</b>                                                              |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Potensi dan Masalah | Mengidentifikasi masalah boros energi akibat penggunaan lampu manual                   |
| 2. Pengumpulan Data    | Studi literatur, referensi jurnal, dan observasi kebutuhan sistem otomatis             |
| 3. Desain Produk       | Perancangan hardware (ESP32, sensor PIR, LDR), software (Arduino IDE, fuzzy logic)     |
| 4. Validasi Desain     | Konsultasi desain sistem kepada pembimbing atau ahli IoT dan fuzzy                     |
| 5. Revisi Desain       | Melakukan revisi rancangan berdasarkan masukan validasi                                |
| 6. Pembuatan Produk    | Perakitan komponen, pemrograman logika fuzzy, dan integrasi dengan IoT.                |
| 7. Uji Coba Produk     | Menguji sistem di kondisi nyata: terang, gelap, ada/tidak ada manusia                  |
| 8. Revisi Produk       | Perbaikan berdasarkan hasil pengujian: sensitivitas sensor, output lampu, logika fuzzy |
| 9 Uji Coba Lapangan    | Uji sistem dalam lingkungan rumah (simulasi smart home)                                |

|                  |                                                                            |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 10. Produk Akhir | Sistem cerdas pengendali lampu berbasis IoT dan fuzzy logic siap digunakan |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------|

## **2.8 Mikrokontroler dan Sensor**

Mikrokontroler adalah chip komputer kecil yang berfungsi sebagai otak dari berbagai perangkat elektronik, mengendalikan fungsi dan memproses data, sementara sensor adalah perangkat yang mendeteksi perubahan fisik atau lingkungan dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat dipahami oleh mikrokontroler. Kombinasi keduanya memungkinkan terciptanya sistem otomatis yang cerdas, seperti dalam aplikasi smart home, di mana sensor mendeteksi kondisi lingkungan dan mikrokontroler mengatur perangkat seperti lampu dan AC. Dalam bidang kesehatan, mikrokontroler dan sensor digunakan untuk memantau tanda vital pasien secara real-time, sedangkan dalam robotika, sensor membantu robot berinteraksi dengan lingkungan. Di industri, keduanya mendukung otomatisasi proses produksi dan pengawasan. Dengan inovasi terus-menerus dalam kecepatan pemrosesan dan akurasi sensor, mikrokontroler dan sensor membuka peluang baru dalam berbagai bidang, termasuk pertanian cerdas dan transportasi pintar, sehingga meningkatkan efisiensi dan kualitas hidup.

## **2.9 ESP32**

ESP32 adalah mikrokontroler buatan Espressif Systems yang sangat populer dalam pengembangan proyek Internet of Things (IoT) karena sudah dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth bawaan. Chip ini menggunakan prosesor dual-core 32-bit dengan kecepatan hingga 240 MHz, sehingga mampu menjalankan tugas-tugas kompleks dengan cepat dan efisien. Selain itu, ESP32 memiliki banyak pin input/output (I/O) yang mendukung berbagai antarmuka komunikasi seperti SPI, I2C, UART, PWM, ADC, dan DAC, menjadikannya sangat fleksibel untuk menghubungkan berbagai sensor dan perangkat lainnya. Mikrokontroler ini juga hemat

daya karena mendukung mode deep sleep, cocok untuk perangkat berbasis baterai. ESP32 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE, PlatformIO, maupun ESP-IDF, yang memudahkan baik pemula maupun pengembang profesional. Karena fiturnya yang lengkap dan harganya yang terjangkau, ESP32 banyak digunakan dalam sistem otomatisasi rumah, pengendalian lampu otomatis, sistem monitoring lingkungan, serta berbagai proyek robotika dan smart device lainnya.

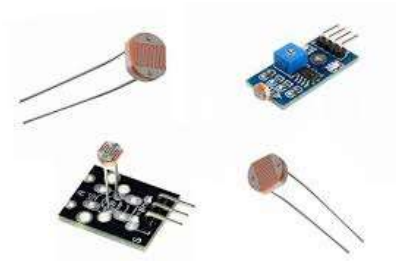


*Gambar 2. 1 ESP32*

### **2.10 Sensor Cahaya (LDR)**

Sensor cahaya atau LDR (Light Dependent Resistor) adalah komponen elektronik yang nilai resistansinya berubah-ubah tergantung pada intensitas cahaya yang mengenainya. Semakin terang cahaya yang diterima, maka resistansi LDR akan semakin kecil, dan sebaliknya, jika kondisi gelap, resistansinya akan meningkat. Sifat ini dimanfaatkan untuk mendeteksi kondisi pencahayaan di lingkungan sekitar secara otomatis. LDR sering digunakan dalam sistem otomatisasi seperti lampu jalan otomatis, pengatur pencahayaan ruangan, atau sistem smart home. Sensor ini termasuk jenis sensor pasif karena tidak menghasilkan energi sendiri, melainkan hanya merespons cahaya yang datang. Biasanya, LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sulfida yang peka terhadap cahaya tampak. Penggunaan LDR sangat efisien karena tidak memerlukan pengolahan data yang kompleks. Komponen ini juga mudah dipasang dan diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32. Dalam aplikasi pengendalian lampu, LDR dapat berfungsi sebagai pemicu sistem untuk menyalakan

lampu saat kondisi gelap dan memaatkannya saat sudah terang. Oleh karena itu, LDR menjadi salah satu komponen penting dalam sistem otomatisasi pencahayaan berbasis IoT.



*Gambar 2. 2 Sensor Cahaya(LDR)*

### **2.11 Sensor Gerak (PIR)**

Sensor gerak PIR (Passive Infrared) adalah komponen elektronik yang digunakan untuk mendeteksi pergerakan objek, khususnya manusia atau hewan, dengan memanfaatkan perubahan radiasi inframerah di sekitarnya. Sensor ini bekerja dengan cara menangkap panas tubuh yang dipancarkan dalam bentuk gelombang inframerah dan mengidentifikasi adanya perbedaan antara suhu latar belakang dan objek yang bergerak. Ketika seseorang masuk ke area jangkauan sensor, perubahan energi inframerah tersebut akan dikenali sebagai gerakan. PIR disebut "passive" karena tidak memancarkan sinyal apapun, melainkan hanya menerima radiasi dari lingkungan sekitar. Sensor ini biasanya memiliki dua elemen deteksi untuk membandingkan perubahan suhu yang terjadi dalam area pengamatannya. Keunggulan dari sensor PIR adalah konsumsi dayanya yang rendah dan sensitivitasnya yang tinggi terhadap gerakan manusia. Komponen ini umum digunakan dalam sistem keamanan, lampu otomatis, alarm pencuri, dan aplikasi rumah pintar lainnya. Sensor PIR juga sangat mudah dipasang dan diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32.

Dengan adanya sensor PIR, perangkat elektronik dapat merespons kehadiran seseorang tanpa perlu input manual. Oleh karena itu, sensor ini menjadi pilihan utama dalam sistem otomatisasi yang mengandalkan deteksi kehadiran secara efisien dan real-time.



*Gambar 2. 3 Sensor Gerak(PIR)*

## **2.12 Lampu LED/ Modul Relay**

Lampu LED adalah sumber cahaya yang menggunakan dioda pemancar cahaya untuk menghasilkan cahaya secara efisien dan hemat energi. Dibandingkan dengan lampu pijar tradisional, lampu LED memiliki umur pakai yang jauh lebih lama dan konsumsi daya yang lebih rendah. Karena ukurannya yang kecil, lampu LED dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari lampu indikator hingga pencahayaan utama. Selain hemat energi, lampu LED juga tidak menghasilkan panas berlebih sehingga lebih aman digunakan. Modul relay adalah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai saklar elektronik. Modul ini memungkinkan pengendalian perangkat bertegangan tinggi menggunakan sinyal bertegangan rendah dari mikrokontroler atau sensor. Relay bekerja dengan menggunakan elektromagnet untuk membuka atau menutup kontak listrik. Dengan modul relay, pengguna dapat mengendalikan peralatan listrik seperti motor, lampu, dan pompa secara otomatis.

Modul ini sangat penting dalam sistem otomasi rumah dan industri yang membutuhkan pengendalian jarak jauh atau otomatis. Kombinasi lampu LED dan modul relay sering digunakan dalam proyek elektronik dan otomasi untuk menghemat energi sekaligus memudahkan kontrol perangkat.



*Gambar 2. 4 Lampu LED/Modul Relay*

## **2.14 Expansion Board**

Expansion board adalah papan tambahan yang dirancang khusus untuk memudahkan penggunaan mikrokontroler seperti ESP32. Dengan adanya papan ini, proses penyambungan sensor, aktuator, dan modul lain menjadi lebih sederhana dan terorganisir. Pengguna tidak perlu lagi menyusun kabel jumper secara rumit seperti saat menggunakan breadboard. Pada dasarnya, expansion board berfungsi sebagai jembatan antara ESP32 dengan perangkat eksternal. Pin-pin pada ESP32 yang biasanya kecil dan rapat sudah disediakan dalam bentuk header atau soket yang rapi. Hal ini membuat proses pemasangan komponen lebih cepat, praktis, dan mengurangi kesalahan dalam sambungan kabel. Selain memudahkan koneksi, expansion board juga biasanya dilengkapi dengan sistem catu daya yang stabil.

Daya bisa diberikan melalui port adaptor DC 5V maupun kabel USB, lalu didistribusikan secara merata ke semua pin yang terhubung. Dengan begitu, komponen seperti sensor PIR, sensor LDR, dan LED bisa berfungsi dengan aman tanpa tambahan regulator eksternal.



*Gambar 2. 5 Expansiom Dan ESP32*

## **2.15 Arduino IDE**

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode program ke papan Arduino. IDE ini menyediakan antarmuka yang ramah pengguna, memungkinkan pemrogram, baik pemula maupun berpengalaman, untuk dengan mudah mengembangkan proyek berbasis Arduino. Dengan Arduino IDE, pengguna dapat menulis kode dalam bahasa pemrograman C/C++, yang telah disederhanakan untuk memudahkan pemrograman. IDE ini juga dilengkapi dengan berbagai pustaka (libraries) yang memungkinkan pengguna untuk mengakses fungsi-fungsi tambahan dan mempercepat pengembangan proyek. Selain itu, Arduino IDE memiliki fitur pengeditan kode yang mendukung penyorotan sintaks, sehingga memudahkan pengguna dalam membaca dan menulis kode. Pengguna juga dapat menguji dan memverifikasi kode mereka melalui fitur kompilasi yang ada di dalamnya. Setelah kode siap, pengguna dapat mengunggahnya langsung ke papan Arduino melalui koneksi USB. Arduino IDE mendukung berbagai jenis papan Arduino, termasuk Arduino Uno, Mega, dan Nano, serta papan kompatibel lainnya. Komunitas Arduino yang besar juga menyediakan banyak tutorial dan contoh proyek yang dapat diakses melalui IDE. Dengan demikian, Arduino IDE menjadi alat yang sangat penting dalam pengembangan proyek elektronik dan otomasi berbasis Arduino.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

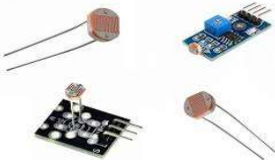
Jenis penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah penelitian dan pengembangan (Research and Development/R&D). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem cerdas pengendalian lampu berbasis Internet of Things (IoT) dan logika fuzzy yang mampu meningkatkan efisiensi energi listrik. Pendekatan penelitian ini bersifat kuantitatif dan eksperimen, karena mencakup proses perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi kinerja sistem dalam kondisi nyata.

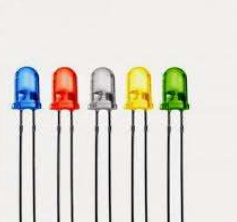
### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lingkungan rumah peneliti pada waktu beberapa hari

### 3.3 .Alat Dan Bahan

Tabel 3. 1 Alat & Bahan

| No                                                                                       | Nama Alat/Bahan | Fungsi                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1<br> | ESP32           | Sebagai Alat Mikrokontroler Utama Yang Menghubungkan Sensor Dan IOT |
| 2<br> | Sensor PIR      | Mendeteksi keberadaan manusia berdasarkan pergerakan                |
| 3<br> | Sensor LDR      | Mengukur intensitas cahaya di lingkungan sekitar                    |

|   |                                                                                     |                 |                                                                                                                                        |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 |    | Modul Relay     | Sebagai saklar elektronik untuk mengontrol nyala lampu                                                                                 |
| 5 |    | Lampu LED       | Output sistem yang dikendalikan otomatis                                                                                               |
| 6 |    | Expansion Board | Expansion board adalah papan sirkuit yang menambah fungsionalitas komputer dengan cara dipasang ke dalam slot khusus pada motherboard. |
| 7 |   | Kabel Jumper    | Menghubungkan komponen satu sama lain                                                                                                  |
| 8 |  | Smartphone      | Mengontrol dan memantau sistem melalui aplikasi IoT                                                                                    |
| 9 |  | Laptop          | Digunakan untuk pemrograman dan pemantauan sistem                                                                                      |

### 3.4 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan mengacu pada model pengembangan yang disederhanakan dari Borg & Gall. Model ini dipilih karena

sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu mengembangkan sistem cerdas pengendalian lampu berbasis Internet of Things (IoT) dan logika fuzzy. Dalam penerapannya, metode ini terdiri dari beberapa tahapan mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan sistem, hingga pengujian dan penyempurnaan produk.

### 3.5 Tahapan Penelitian



*Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian*

Berikut adalah tahapan penelitian yang dilakukan:

a. **Studi Literatur:**

Melakukan pencarian referensi dari jurnal, buku, dan sumber ilmiah lainnya terkait IoT, sensor, logika fuzzy, ESP32, dan sistem otomatisasi lampu.

**b. Analisis Kebutuhan:**

Mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem, termasuk perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), dan parameter lingkungan yang akan dipantau.

**c. Perancangan Sistem:**

Merancang sistem baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak (pemrograman mikrokontroler, logika fuzzy, dan antarmuka Telegram).

**d. Implementas Sistem:**

Membangun sistem secara fisik dengan komponen ESP32, sensor PIR, LDR, modul relay, dan lampu LED. Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE.

**e. Pengujian Sistem:**

Menguji sistem dalam kondisi lingkungan yang bervariasi untuk melihat respons dan efektivitasnya.

**f. Pengumpulan dan Analisis Data:**

Menganalisis data dari hasil pengujian, termasuk waktu nyala lampu, konsumsi energi, dan kenyamanan pencahayaan.

**g. Penyusunan Laporan:**

Menyusun hasil penelitian dalam bentuk laporan skripsi dan dokumentasi sistem.

### **3.6 Perancangan Sistem**

#### **3.6.1 Perancangan Perangkat Keras**

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini meliputi:

- a. ESP32: Mikrokontroler utama dengan konektivitas Wi-Fi dan performa tinggi.
- b. Sensor LDR (Light Dependent Resistor): Mengukur tingkat pencahayaan lingkungan.
- c. Sensor PIR (Passive Infrared): Mendeteksi pergerakan manusia dalam ruangan.

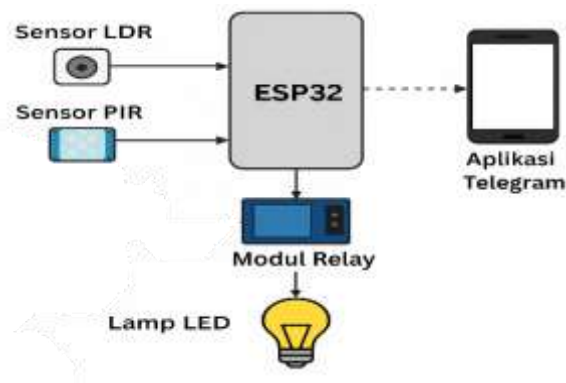
- d. Modul Relay: Mengontrol nyala atau mati lampu LED berdasarkan sinyal dari ESP32.
- e. Lampu LED: Beban utama sistem yang akan dikendalikan.
- f. Power Supply 5V: Sumber daya untuk ESP32 dan sensor.
- g. Expansion Board: Sebagai media perakitan rangkaian prototipe.

### 3.6.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan:

- a. Arduino IDE: Untuk pemrograman ESP32 menggunakan bahasa C++.
- b. Logika Fuzzy (Mamdani Method): Mengatur aturan dan logika pengambilan keputusan.
- c. Telegram: Untuk kontrol dan monitoring lampu dari smartphone.

### 3.6.3 Diagram Blok Sistem



Gambar 3. 2 Diagram Block

Diagram ini menjelaskan aliran data dari input sensor ke mikrokontroler dan akhirnya ke output aktuator (lampu), termasuk kontrol dari aplikasi Telegram.

### 3.7 Perancangan Logika Fuzzy

Sistem logika fuzzy dirancang menggunakan metode Mamdani, dengan proses sebagai berikut:

- a. Input Fuzzy:
  - a. Intensitas cahaya (dari LDR): kategori *Gelap*, *Sedang*, *Terang*

- b. Keberadaan manusia (dari PIR): *Ada, Tidak Ada*
- b. Output Fuzzy:
  - a. Status lampu: *Mati, Terang*
- c. **Fuzzifikasi:**

Mengubah nilai sensor menjadi derajat keanggotaan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan (misalnya segitiga atau trapezoid).
- d. **Aturan Fuzzy (Rule Base):**

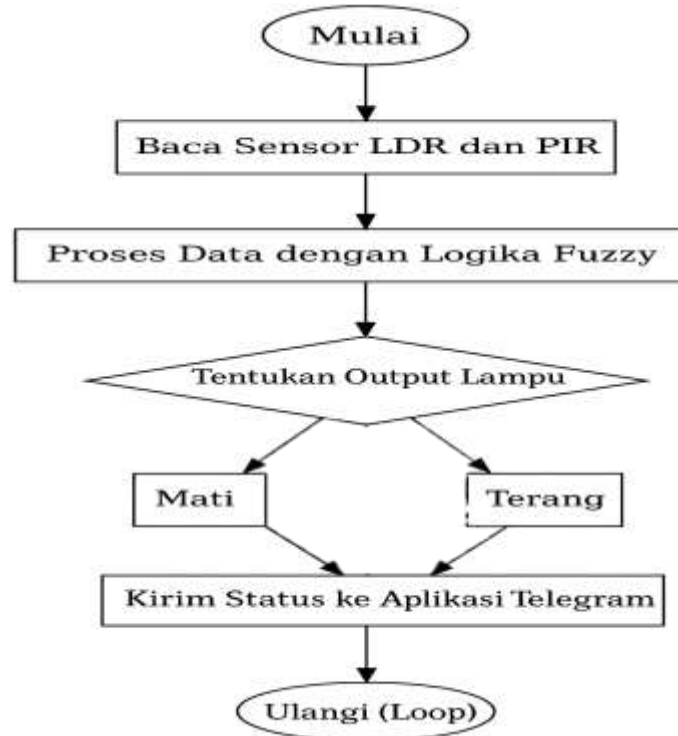
Contoh aturan:

  - a. IF cahaya *Gelap* AND ada *Orang* THEN *Lampu Terang*
  - b. IF cahaya *Terang* OR tidak ada *Orang* THEN *Lampu Mati*
- e. **Inferensi:**

Menggunakan operator AND/OR pada rule fuzzy untuk menentukan keputusan.
- f. **Defuzzifikasi:**

Mengubah output fuzzy menjadi angka pasti (crisp) menggunakan metode Centeroid

### 3.7 Flowchart Sistem



Gambar 3. 3 Flowchart Sistem

### 3.8 Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan cara:

- a. **Pencatatan manual** terhadap waktu nyala lampu dan respon terhadap pergerakan serta intensitas cahaya.

### 3.9 Teknik Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan dua skenario utama:

#### 1. Uji Fungsionalitas:

- Apakah sistem mampu membaca data dari sensor dengan akurat?
- Apakah lampu menyala dan mati sesuai dengan logika fuzzy yang ditentukan?

#### 2. Uji Efisiensi Energi:

- Bandingkan total waktu nyala lampu sebelum dan sesudah sistem diterapkan.

### 3.10 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan membandingkan:

- a. **Total waktu penggunaan lampu secara konvensional** (manual atau berdasarkan timer) dengan sistem otomatis berbasis fuzzy.
- b. **Jumlah energi listrik yang dihemat**

### 3.11 Tabel Aturan (Rule Base Fuzzy)

*Tabel 3. 4 Tabel Aturan (Rule Base Fuzzy)*

| NO | Sensor PIR        | Sensor LDR | Output(lampu) | Aturan IF-THEN                                          |
|----|-------------------|------------|---------------|---------------------------------------------------------|
| 1  | Tidak Ada Gerakan | Terang     | Mati          | IF PIR=Tidak ada<br>Dan LDR= Terang<br>THEN Lampu= Mati |
| 2  | Tidak Ada Gerakan | Mati       | Mati          | IF PIR=Tidak ada<br>Dan LDR= Redup<br>THEN Lampu= Mati  |
| 3  | Tidak Ada Gerakan | Gelap      | Mati          | IF PIR=Tidak ada<br>Dan LDR= Mati<br>THEN Lampu= Mati   |
| 4  | Ada Gerakan       | Terang     | Mati          | IF PIR=Ada DAN<br>LDR=TerangTHEN<br>Lampu=Mati          |
| 5  | Ada Gerakan       | Mati       | Terang        | IF PIR=Ada DAN<br>LDR=TerangTHEN<br>Lampu=Sedang        |
| 6  | Ada Gerakan       | Gelap      | Terang        | IF PIR=AdaDAN<br>LDR=TerangTHEN<br>Lampu=Terang         |

### 3.12 Grafik Fungsi Keanggotaan Sensor PIR



Grafik 3. 1 Fungsi Keanggotaan Sensor PIR

Grafik fungsi keanggotaan sensor PIR digunakan untuk menggambarkan kondisi gerakan yang terdeteksi oleh sensor. Sensor PIR memiliki dua nilai:

0 = Tidak Ada Gerakan

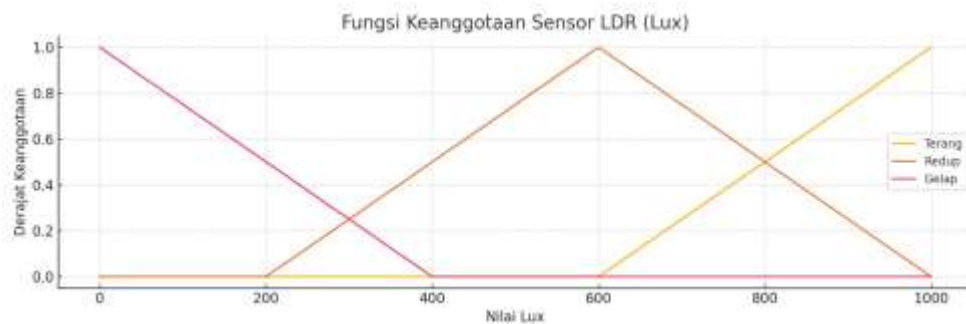
1 = Ada Gerakan

Dalam logika fuzzy, masing-masing nilai ini diberi derajat keanggotaan:

Saat nilai 0, keanggotaan "Tidak Ada Gerakan" = 1, "Ada Gerakan" = 0

Saat nilai 1, keanggotaan "Ada Gerakan" = 1, "Tidak Ada Gerakan" = 0

### 3.13 Grafik Fungsi Keanggotaan Sensor LDR(Lux)



Grafik 3. 2 Fungsi Keanggotaan sensor LDR(Lux)

Sensor LDR (Light Dependent Resistor) digunakan untuk mendeteksi tingkat pencahayaan lingkungan. Nilainya biasanya berkisar dari 0 (gelap) hingga 1000 (sangat terang). Dalam logika fuzzy, nilai cahaya dari sensor dibagi menjadi tiga kategori:

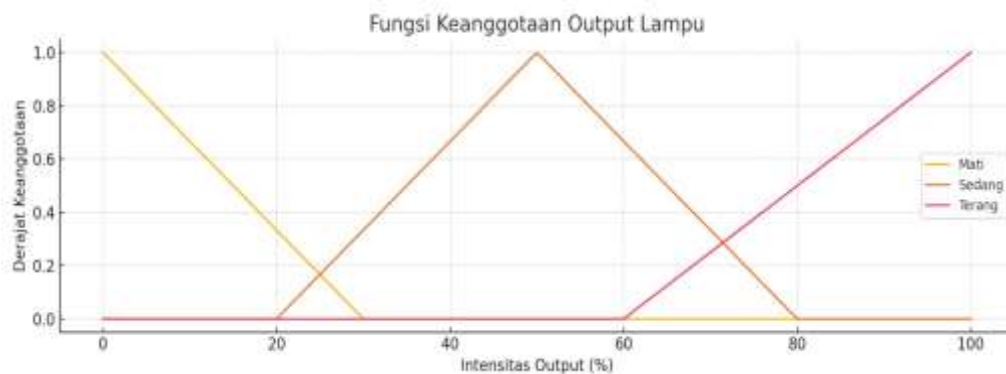
1. Gelap
2. Terang

Setiap kategori memiliki fungsi keanggotaan, yang menunjukkan seberapa kuat suatu nilai termasuk dalam kategori tersebut. Contohnya:

Nilai LDR sekitar 500 → keanggotaan "Terang" tinggi

Nilai LDR tinggi (misalnya 900) → keanggotaan "Terang" tinggi

### 3.14 Grafik Fungsi Keanggotaan Ouput Lampu



Grafik 3. 3 Fungsi Keanggotaan Ouput Lampu

#### Fungsi Keanggotaan Output Lampu

##### 1. Mati (Kuning)

- a. Intensitas 0% = Lampu mati total

##### 2. Sedang (Oranye)

- a. Intensitas 20%–80%
- b. Paling "sedang" di 50%
- c. Semakin jauh dari 50%, semakin kecil keanggotaan sebagai “sedang”

##### 3. Terang (Merah Muda)

- a. Intensitas 60%–100%
- b. Intensitas 100% = Lampu terang penuh

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisis Sistem Sebelumnya**

Pada sistem penerangan konvensional yang masih banyak digunakan di rumah maupun gedung, lampu dikendalikan secara manual menggunakan saklar. Sistem tersebut memang sederhana, tetapi menimbulkan beberapa kelemahan. Misalnya, penghuni sering lupa mematikan lampu meskipun kondisi ruangan sudah terang, sehingga konsumsi energi listrik menjadi tidak efisien. Selain itu, terkadang lampu dibiarkan menyala sepanjang malam meskipun tidak ada aktivitas di ruangan tersebut. Berdasarkan analisis terhadap sistem yang ada, kelemahan utama terletak pada ketiadaan mekanisme otomatis yang mampu menyesuaikan kondisi lingkungan. Padahal dengan perkembangan teknologi, khususnya Internet of Things (IoT), seharusnya sistem penerangan dapat bekerja lebih cerdas dengan membaca kondisi nyata di lapangan, seperti intensitas cahaya dan keberadaan gerakan manusia. Oleh karena itu, penelitian ini menghadirkan sistem baru dengan memanfaatkan sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk mendeteksi intensitas cahaya, serta sensor PIR (Passive Infrared Receiver) untuk mendeteksi adanya pergerakan. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi sekaligus memberikan kenyamanan bagi pengguna.

## 4.2 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang dirancang benar-benar berfungsi sesuai dengan logika yang telah ditetapkan. Pengujian ini melibatkan beberapa skenario kondisi ruangan sebagai berikut:

*Tabel 4 Pengujian Alat*

| No | Kondisi Lingkungan | Gerakan Terdeteksi (PIR) | Nilai LDR | Status Lampu | Notifikasi Telegram | Hasil Uji | Keterangan                                                     |
|----|--------------------|--------------------------|-----------|--------------|---------------------|-----------|----------------------------------------------------------------|
| 1  | Terang             | Tidak ada                | 3100      | Mati         | Tidak ada           | Berhasil  | Sesuai, lampu mati karena ruangan terang dan tidak ada gerakan |
| 2  | Gelap              | Ada gerakan              | 800       | Menyala      | Terkirim            | Berhasil  | Lampu otomatis menyala dan notifikasi terkirim                 |
| 3  | Gelap              | Tidak ada                | 900       | Mati         | Tidak ada           | Berhasil  | Lampu tetap mati karena tidak ada gerakan                      |
| 4  | Terang             | Ada gerakan              | 2800      | Mati         | Tidak ada           | Berhasil  | Lampu tidak menyala karena ruangan cukup terang                |
| 5  | Gelap              | Ada gerakan              | 700       | Menyala      | Terkirim            | Berhasil  | Sesuai, lampu menyala dan notifikasi masuk ke Telegram         |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan rancangan. Lampu hanya menyala pada kondisi yang benar-benar diperlukan, yaitu saat ruangan gelap dan ada pergerakan. Dengan demikian, sistem dapat dikatakan berhasil dalam mencapai tujuan penelitian.

### 4.3 Tampilan Telegram

Selain pengendalian otomatis, sistem ini juga dirancang untuk terhubung dengan aplikasi Telegram. Melalui bot Telegram, pengguna bisa memperoleh informasi secara langsung tentang status lampu. Misalnya ketika lampu menyala, bot akan mengirimkan pesan:



*Gambar 4.1 Tampilan Telegram*

- “Lampu ON (Gelap + Ada Gerakan).”
- Sedangkan ketika lampu mati, pesan yang dikirim adalah:
- “Lampu OFF (Terang / Tidak Ada Gerakan).”

Tampilan ini sangat membantu pengguna, terutama jika sedang berada jauh dari lokasi, karena informasi status lampu dapat dipantau secara real-time. Dengan integrasi ini, sistem bukan hanya sekadar otomatis, melainkan juga cerdas dan interaktif.

#### 4.4 Tampilan Alat

Alat yang dibuat terdiri atas beberapa komponen utama, antara lain:



*Gambar 4.2 Tampilan Alat*

- a. ESP32 sebagai otak sistem sekaligus penghubung ke jaringan internet.
- b. Sensor PIR yang dipasang menghadap area deteksi gerakan.
- c. Sensor LDR yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya.
- d. Relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengontrol lampu AC.
- e. Lampu sebagai perangkat output yang dikendalikan.

Tampilan alat secara keseluruhan cukup sederhana namun fungsional. Komponen disusun pada breadboard atau PCB, kemudian dihubungkan sesuai dengan diagram wiring. Hasilnya adalah sistem yang kompak, mudah dipasang, dan dapat langsung diuji di ruangan.

#### **4.5 Kelebihan Sistem**

Dari hasil uji coba, beberapa kelebihan sistem ini antara lain:

- a. Efisiensi energi – lampu hanya menyala ketika benar-benar dibutuhkan.
- b. Praktis – pengguna tidak perlu repot menyalakan atau mematikan lampu secara manual.
- c. IoT ready – adanya integrasi Telegram memungkinkan pemantauan jarak jauh.
- d. Fleksibel – sistem dapat dikembangkan lebih lanjut, misalnya ditambahkan sensor lain atau logika fuzzy untuk pengaturan intensitas cahaya.

#### **4.6 Kekurangan Sistem**

Namun demikian, sistem ini juga memiliki kekurangan, antara lain:

- a. PIR hanya merespons gerakan, sehingga ketika pengguna diam terlalu lama lampu bisa mati meski masih ada orang di ruangan.
- b. LDR terkadang kurang akurat karena bisa terpengaruh oleh cahaya dari luar ruangan.
- c. Sistem Telegram membutuhkan koneksi internet, sehingga jika jaringan terputus maka fitur notifikasi tidak dapat digunakan.

#### 4.7 Evaluasi Sistem

Secara umum sistem telah berjalan sesuai perancangan, tetapi beberapa hal dapat diperbaiki, seperti:

- a. Memberikan delay tambahan agar lampu tidak langsung mati saat gerakan berhenti.
- b. Melakukan kalibrasi nilai ambang LDR supaya lebih sesuai dengan kondisi cahaya ruangan.
- c. Menggunakan sensor cahaya digital BH1750 untuk akurasi lebih baik.
- d. Menambahkan casing atau box pelindung agar alat lebih aman dan rapi.



*4.3 Gambar Alat Nyala*

## 4.8 Integrasi Telegram

Integrasi Telegram pada sistem pengendalian lampu berbasis IoT merupakan salah satu inovasi penting dalam penelitian ini. Kehadiran Telegram tidak hanya sebagai aplikasi pesan instan, tetapi juga sebagai media komunikasi antara pengguna dan perangkat yang telah dirancang. Dengan adanya integrasi ini, alat mampu memberikan notifikasi secara langsung ke ponsel pengguna sehingga informasi mengenai kondisi lampu maupun aktivitas sensor dapat diketahui dengan cepat. Dalam sistem ini, Telegram berfungsi sebagai sarana monitoring jarak jauh. Ketika sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan manusia dan sensor LDR membaca kondisi ruangan gelap, maka lampu akan menyala secara otomatis. Pada saat yang bersamaan, ESP32 yang terhubung dengan internet akan mengirimkan pesan notifikasi ke aplikasi Telegram. Hal ini memudahkan pengguna karena tidak perlu mengecek kondisi lampu secara manual.



Gambar 4.4 Integrasi Telegram

#### 4.9 Hasil Realisasi Alat

Sistem yang dirancang berhasil direalisasikan dengan menggunakan ESP32, sensor PIR, sensor LDR, relay, dan lampu. Semua komponen dirangkai sesuai wiring dan dihubungkan dengan catu daya serta jaringan Wi-Fi. Hasil pengujian menunjukkan alat berfungsi dengan baik. Saat kondisi gelap dan ada gerakan, lampu menyala otomatis. Jika terang atau tidak ada gerakan, lampu mati. Logika kontrol terbukti berjalan sesuai program. Sistem juga mampu mengirim notifikasi ke aplikasi Telegram setiap kali lampu berubah status, baik menyala maupun mati. Hal ini memudahkan pengguna untuk memantau kondisi lampu secara real time melalui smartphone. Dengan demikian, alat yang dibuat telah berfungsi sesuai tujuan, yaitu menggabungkan sensor PIR, sensor LDR, kendali lampu, serta notifikasi Telegram dalam satu sistem.



*Gambar 4.5 Hasil Realisasi Alat*



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Sistem pengendalian lampu berbasis IoT dengan sensor LDR dan PIR berhasil diimplementasikan dengan baik. Lampu menyala otomatis hanya saat kondisi ruangan gelap dan ada gerakan, serta mati ketika ruangan terang atau tidak ada aktivitas.
- b. Integrasi dengan Telegram memberikan nilai tambah berupa pemantauan status lampu secara real-time, sehingga pengguna tetap mendapatkan informasi meski tidak berada di lokasi.
- c. Sistem ini dapat meningkatkan efisiensi energi listrik sekaligus memberikan kenyamanan bagi pengguna.

#### **5.2 Saran**

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

- a. Mengembangkan sistem dengan logika fuzzy sehingga lampu tidak hanya ON/OFF, tetapi intensitas cahaya bisa disesuaikan secara bertahap sesuai kebutuhan.
- b. Menambahkan sensor cahaya digital seperti BH1750 yang lebih akurat dibandingkan LDR konvensional.
- c. Menghubungkan sistem dengan platform IoT lain seperti Telegram agar kontrol lebih fleksibel.
- d. Mendesain casing yang ergonomis sehingga rangkaian lebih rapi, aman, dan tahan lama.
- e. Mengintegrasikan fitur timer dan data logging agar sistem bisa menganalisis pola penggunaan lampu secara otomatis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, H. (2020). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 4(2), 4–8.  
[https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512%0Ahttp://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1559615&val=2337&title=Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan](https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512%0Ahttp://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1559615&val=2337&title=Implementasi%20Logika%20Fuzzy%20pada%20Sistem%20Kecerdasan%20Buatan)
- Puspita, E. S., & Yulianti, L. (2016). Perancangan Sistem Peramalan Cuaca Berbasis Logika Fuzzy. *Jurnal Media Infotama*, 12(1). <https://doi.org/10.37676/jmi.v12i1.267>
- Rohayani, H. (2013). Analisis Sistem Pendukung Keputusan Dalam Memilih Program Studi Menggunakan Metode Logika Fuzzy. *Jurnal Sistem Informasi*, 5(Analisis Sistem Pendukung Keputusan), 530–539.
- Saelan, A. (2009). Logika Fuzzy. *Makalah If2091 Struktur Diskrit Tahun 2009*, 1(13508029), 1–5.
- Setia, B. (2019). Penerapan Logika Fuzzy pada Sistem Cerdas. *Jurnal Sistem Cerdas*, 2(1), 61–66. <https://doi.org/10.37396/jsc.v2i1.18>
- Wibowo, S. (2015). Penerapan Logika Fuzzy Dalam Penjadwalan Waktu Kuliah. *Jurnal Informatika UPGRIS*, 1(1), 59–77.
- Bimantoro, F. N., Subagio, R. T., Sulhan, M. A., Informatika, P. S., Informasi, F. T., Catur, U., Cendekia, I., & Cirebon, K. (2023).
- Journal, G. M., Putra, Z., & Indonesia, U. P. (2024). *Fuzzy logic and iot integration for smart street lighting systems*. 03(1), 6–11.
- Kamila, R. K., Krisnawati, L., Devira, P., & Martini, A. (2024). *SISTEM PEMANTAUAN KONSUMSI LISTRIK RUMAH TANGGA DENGAN LOGIKA FUZZY BERBASIS*

*INTERNET OF THINGS*. 4. <https://doi.org/10.14710/transmisi.26.4.214-223>

Nuraini, A. (2023). *Sistem Kendali Pemakaian Energi Listrik Berbasis Logika Fuzzy Pada Bangunan Gedung*.

Pratiwi, J. A., Utami, S., & Rahardjo, A. H. (2024). Rancang Bangun Lampu Pintar Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic dengan Teknologi Power Over Ethernet (PoE) berbasis PLTS. *Prosiding the 15th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 3, 555–562. <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/6318>

Ramadhani, R. R., Yuliana, M., & Pratiarso, A. (2022). Smart Room Lighting System for Energy Efficiency in Indoor Environment. *International Journal of Artificial Intelligence & Robotics (IJAIR)*, 4(2), 48–58. <https://doi.org/10.25139/ijair.v4i2.5266>

Syafitri, N. (2016). Simulasi Sistem Untuk Pengontrolan Conditioner Dengan Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Informatika*, 10(1), 1164–1172.

Telleng, R. C., Suoth, V. A., & Kolibu, H. S. (2020). Rancang Bangun Alat Pengontrol Tingkat Pencahayaan Lampu Berbasis Mikrokontroler dengan Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal MIPA*, 10(1), 36. <https://doi.org/10.35799/jmuo.10.1.2021.31387>