

**RANCANG BANGUN SISTEM *OTOMATIS* PENERANGAN TERAS RUMAH DAN  
*MONITORING VISUAL* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* MENGGUNAKAN  
ESP32**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**MUHAMMAD DZAKI RASYIQ**

**1955031016**



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

# RANCANG BANGUN SISTEM *OTOMATIS* PENERANGAN TERAS RUMAH DAN *MONITORING VISUAL* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* MENGGUNAKAN ESP32

OLEH

MUHAMMAD DZAKI RASYIQ

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan suatu sistem penerangan lampu teras *otomatis* yang dilengkapi dengan pemantauan *visual* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan modul ESP32-CAM, dengan meningkatkan *efisiensi* penggunaan energi sekaligus keamanan rumah. Sistem ini memanfaatkan sensor LDR untuk mengatur nyala lampu sesuai dengan kondisi cahaya di sekitar, serta menggunakan sensor PIR sebagai pendeteksi pergerakan manusia. Ketika sensor PIR mendeteksi adanya *aktivitas*, kamera akan langsung mengambil gambar dan mengirimkannya secara *real-time* melalui *platform* Telegram. dari hasil pengujian, sensor LDR beroperasi dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%, sedangkan sensor PIR mampu mendeteksi gerakan hingga jarak 200 cm dengan rata-rata waktu respons sekitar 2,27 detik. Secara keseluruhan, sistem ini berhasil mengotomatiskan penerangan sekaligus memberikan fitur pemantauan jarak jauh yang cukup efektif.

**Kata kunci:** Lampu teras *otomatis*, *Internet of Things* (IOT), ESP- 32.

## **ABSTRACT**

### **DESIGN OF AN AUTOMATIC PORCH LIGHTING AND VISUAL MONITORING SYSTEM BASED ON THE INTERNET OF THINGS USING ESP32**

**By :**

**MUHAMMAD DZAKI RASYIQ**

This research aims to design and develop an automated porch lighting system equipped with Internet of Things (IoT)-based visual monitoring utilizing the ESP32-CAM module, improving energy efficiency and home security. This system utilizes an LDR sensor to adjust the light according to ambient light conditions, and a PIR sensor to detect human movement. When the PIR sensor detects activity, the camera immediately captures images and sends them in real time via the Telegram platform. Test results showed the LDR sensor operated with a 100% success rate, while the PIR sensor was able to detect movement up to a distance of 200 cm with an average response time of approximately 2.27 seconds. Overall, this system successfully automates lighting while providing effective remote monitoring features.

**Keywords:** Automatic porch light, Internet of Things (IoT), ESP-32.

**RANCANG BANGUN SISTEM *OTOMATIS* PENERANGAN TERAS RUMAH DAN  
*MONITORING VISUAL* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* MENGGUNAKAN  
ESP32**

**Oleh**

**MUHAMMAD DZAKI RASYIQ**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

Judul Skripsi

**: RANCANG BANGUN SISTEM OTOMATIS  
PENERANGAN TERAS RUMAH DAN MONITORING  
VISUAL BERBASIS INTERNET OF THINGS  
MENGGUNAKAN ESP 32.**

Nama Mahasiswa

**: Muhammad Dzaki Rasyid**

Nomor Pokok Mahasiswa

**: 1955031016**

Program Studi

**: Teknik Elektro**

Fakultas

**: Teknik**

**MENYETUJUI**

Dosen Pembimbing Skripsi I

Dosen Pembimbing Skripsi II



**Syaiful Alam S.T., M.T.  
NIP. 196904161998031004**



**Anisa Ulya Darajat S.T., M.T.  
NIP. 199106102019032004**

**Mengetahui**

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ka. Program Studi T. Elektro



**Herlinawati, S.T., M.T.  
NIP. 197103141999032001**




**Sumadi, S.T., M.T.  
NIP. 197311042000031001**

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua

: Syaiful Alam S.T, M.T



Sekretaris

: Ir. Anisa Ulya Darajat, S.T., M.T.



Penguji

: Sumadi, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

 Dr. Ahmad Harrison, S.T., M.T.

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Mei 2026

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi berjudul “Rancang Bangun Sistem *Otomatis* Penerangan Teras Rumah dan *Monitoring Visual* Berbasis *Internet of Things* Menggunakan ESP32” adalah murni hasil karya saya sendiri. Seluruh isi skripsi ini telah disusun dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah yang berlaku di Universitas Lampung.

Apabila di kemudian hari ditemukan bahwa karya ini merupakan hasil plagiasi atau dibuat oleh pihak lain, maka saya bersedia menerima segala sanksi sesuai dengan ketentuan hukum dan peraturan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 25 Mei 2026  
Pembuat Pernyataan



Muhammad Dzaki Rasyiq  
NPM. 1955031016

## RIWAYAN HIDUP



Penulis lahir di Bandar Lampung pada 14 Januari 2001 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, pasangan Abdul Wahab dan Titin Sumarni. Pendidikan dasar ditempuh di SD Al-Azhar 1 Bandar Lampung pada tahun 2007 hingga 2013. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 29 Bandar Lampung dari tahun 2013 sampai 2016, kemudian melanjutkan ke SMK Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2016 hingga 2019.

Pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro di Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan, yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO). Pada tahun 2020, penulis dipercaya sebagai anggota Divisi Kewirausahaan, kemudian pada tahun 2021 menjadi anggota Divisi Pengembangan dan Penelitian.

Selain itu, pada semester tujuh, penulis mengikuti program PPK Ormawa pada tahun 2022 dengan kegiatan pengembangan Desa Canti sebagai desa wisata pesisir yang tangguh terhadap bencana dan berbasis kearifan lokal.

## SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi wa Sallam, sebagai suri teladan yang membawa umat manusia dari kegelapan menuju jalan yang terang dan penuh kebenaran. Tugas Akhir yang berjudul "Rancang Bangun Sistem *Otomatis* Penerangan Teras Rumah dan *Monitoring Visual* Berbasis *Internet of Things* Menggunakan ESP32" ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Hi. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Syaiful Alam, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang senantiasa memberikan motivasi, arahan, serta bimbingan dengan penuh kesabaran dan ketulusan.
5. Ibu Anisa Ulya Darajat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran, arahan, dan bimbingan dengan baik.
6. Bapak Sumadi, S.T., M.T., selaku dosen penguji sekaligus dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun serta memberikan nasihat dan bimbingan selama masa perkuliahan.
7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu dan pengalaman berharga yang telah diberikan selama perkuliahan.

8. Staf administrasi Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu dalam proses administrasi.
9. Alif KZ, Nursodik, Alwan, dan Anggara atas dukungan, motivasi, serta kebersamaan dalam menyelesaikan skripsi.
10. Abyu, Hafizd, Akram, Niki, dan Adrian sebagai rekan seperjuangan sejak awal perkuliahan.
11. Keluarga besar Laboratorium Elektronika Kendali, khususnya Bapak Syaiful Alam dan Kak Yudi, serta seluruh asisten laboratorium atas kerja sama dan dukungannya.
12. Keluarga besar angkatan ETERNITY 2019 yang telah memberikan banyak pengalaman, dukungan, dan nilai kebersamaan.
13. Keluarga besar HIMATRO Unila sebagai wadah pengembangan organisasi bagi penulis.
14. Rekan-rekan KKN Sinar Luas, yaitu Ayu, Alya, Mutiara, Tiara, Iqbal, Rezha, dan Rere.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam proses perkuliahan maupun penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat berbagai kekurangan, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi para pembaca pada umumnya. Aamiin.

Bandar Lampung, 25 Mei 2026

Penulis,

Muhammad Dzaki Rasyiq

NPM. 1955031016

## PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengharap ridho Allah Subhanahu wa Ta'ala serta diiringi shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi wa Sallam, karya tulis ini penulis persembahkan kepada:

“Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Abdul Wahab dan Ibunda Titin Sumarni, yang selalu melimpahkan kasih sayang, memberikan dukungan penuh, serta tak henti mendoakan kebaikan, juga kepada adik tersayang yang senantiasa mengiringi dengan doa terbaik.”

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada para dosen, sahabat, serta almamater tercinta Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

## MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (QS.94:5)

**“Karena sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan,”**

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (QS.94:6)

**“Sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada َّ  
kemudahan.”**

## DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan .....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.2 Teori Dasar.....	8
2.1.1 Mikrokontroler ESP32-CAM .....	8
2.2.2 Sensor <i>Light Dependent Resistor</i> (LDR).....	9
2.2.3 Sensor <i>Passive Infrared Receiver</i> (PIR) .....	11
2.2.4 <i>Internet of Things</i> (IoT) .....	14
2.2.4 <i>Platform IoT</i> : Telegram .....	16
2.2.6 Modul <i>Relay</i> .....	18
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Perancangan Sistem .....	23
3.4 Skenario Pengujian Sistem .....	24
3.5 Perancangan Perangkat Keras.....	25
3.6 Perancangan Perangkat Lunak.....	27
3.7 Implementasi Sistem pada Lingkungan Rumah .....	<b>28</b>
3.7 Diagram Alir Sistem Kerja Alat.....	29
3.8 Blok Diagram Sistem.....	31
3.9 Proses Pengiriman Data Sistem ke Telegram .....	31

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
4.1 Tampak Fisik Alat .....	34
4.2 Realisasi Sistem .....	35
4.3 Pengujian .....	36
4.3.1 Sensor <i>Light Dependent Resistor</i> (LDR) .....	36
Tabel 4. 1. Pengujian Sensor <i>Light Dependent Resistor</i> (LDR).....	36
4.3.2 Pengujian Sensor <i>Passive Infrared</i> (PIR) .....	39
Tabel 4. 2. Pengujian Sensor <i>Passive Infrared</i> (PIR) .....	39
4.3.3 Pengujian Pengiriman Gambar ke Telegram .....	42
4.3.4 Pengujian Keseluruhan Sistem .....	45
4.4 Hasil Tampilan Perangkat Lunak pada ESP32-CAM.....	46
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	49
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 ESP 32 Cam .....	8
Gambar 2 Kurva karakteristik sensor LDR.....	10
Gambar 3 Sensor <i>light dependent resistor</i> (LDR) .....	10
Gambar 4 Sensor Gerak <i>Passive Infrared Receiver</i> (PIR).....	12
Gambar 5 Bagian bagian pada sensor PIR.....	13
Gambar 6 Konsep <i>Internet of Things</i> (IoT).....	15
Gambar 7 Konsep <i>Internet of Things</i> (IoT).....	15
Gambar 8 Struktur Simbol dan Rangkaian LED.....	16
Gambar 9 Struktur sederhana <i>relay</i> .....	18
Gambar 10 Telegram.....	20
Gambar 11 Arduino IDE.....	20
Gambar 12 Diagram Alir Penelitian .....	21
Gambar 13 Perancangan Sistem .....	23
Gambar 14 Perancangan Perangkat Keras .....	25
Gambar 15 Implementasi Sistem Penerangan <i>Otomatis</i> dan <i>Monitoring Visual</i> .....	27
Gambar 16 Diagram Alir Sistem Kerja Alat.....	10
Gambar 17 Blok Diagram Sistem .....	31
Gambar 18 Peroses Pengiriman Data Dari ESP32-CAM Ke Telegram .....	12
Gambar 4.1 Pengujian Sistem Deteksi Gerak .....	12
Gambar 4.2 Tampak Luar Alat .....	15
Gambar 4.3 Tampak Dalam Alat .....	36
Gambar 4.4 Kondisi Pertama (Terang).....	39
Gambar 4.5 Kondisi Kedua (Gelap).....	39
Gambar 4.6 Jarak Sensor PIR Terhadap Waktu Respon.....	42
Gambar 4.7 Deteksi Pergerakan Oleh Sensor PIR.....	43
Gambar 4.8 Waktu Respon Pengiriman Gambar ke Telegram.....	22
Gambar 4.9 Hasil Pengiriman Gambar ke Telegram .....	46
Gambar 4.10 Tampilan Notifikasi Sistem Pada Aplikasi Telegram .....	46

Gambar 4.11 Perogram ESP32-CAM Untuk Koneksi WI-FI Dan Integrasi Bot  
Telegram .....48

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
Tabel 2.2 Data Spesifikasi ESP-32 .....	21
Tabel 2.3 Data Spesifikasi Sensor PIR .....	14
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	22
Tabel 3.2 Skenario Pengujian sistem .....	26
Tabel 3.3 Hubungan Antara Sensor Dan Mikrokontroler.....	28
Tabel 4.1 Pengujian Sensor <i>Light Dependen Resistor</i> (LDR) .....	9
Tabel 4.2 Pengujian Sensor <i>Passive Infrared</i> (PIR) .....	40
Tabel 4.3 Pengujian Pengiriman Gambar Ke Telegram .....	44
Tabel 4.4 Pengujian Keseluruhan Sistem .....	47

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penerangan pada rumah merupakan kebutuhan yang sangat penting untuk mendukung *aktivitas* dan keamanan penghuni. Namun, pengelolaan sistem penerangan yang masih mengandalkan saklar manual sering kali tidak *efisien*. Kelalaian penghuni dalam mematikan lampu saat tidak digunakan mengakibatkan pemborosan energi. Penerapan sistem kendali *otomatis* pada penerangan rumah tinggal mampu menghasilkan *efisiensi* penggunaan energi listrik yang cukup signifikan serta berkontribusi dalam menekan biaya pengeluaran rumah tangga [1].

Sistem penerangan konvensional memiliki kelemahan utama, yaitu lampu tetap menyala meskipun kondisi lingkungan masih terang atau tidak dibutuhkan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pemborosan energi listrik dan meningkatkan biaya operasional. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pencahayaan yang mampu bekerja secara *otomatis* dengan menyesuaikan kondisi lingkungan. Salah satu solusi yang umum digunakan adalah pemanfaatan sensor cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR), yang berfungsi mendeteksi intensitas cahaya sekitar sehingga dapat mengontrol proses menyalakan dan mematikan lampu secara *otomatis* [2].

Selain aspek *efisiensi* energi, faktor keamanan pada area penerangan pada teras rumah juga menjadi perhatian penting. Area rumah yang minim pengawasan berpotensi rawan terhadap tindakan yang tidak diinginkan, khususnya pada malam hari. Sistem penerangan teras rumah pada umumnya belum dilengkapi dengan fasilitas *monitoring* kondisi lingkungan secara langsung, sehingga pengawasan masih bergantung pada pemantauan manual yang tidak dapat dilakukan secara terus-menerus [3].

Kemajuan teknologi mikrokontroler serta penerapan konsep *Internet of Things* (IoT) memungkinkan adanya integrasi antara sistem pencahayaan *otomatis* dengan sistem pemantauan jarak jauh. Penggunaan *sensor Passive Infrared Receiver* (PIR)

sebagai pendeteksi gerakan manusia yang dipadukan dengan modul kamera ESP32-CAM memungkinkan sistem untuk mengambil gambar saat aktivitas terdeteksi di area penerangan. Gambar yang dihasilkan kemudian dapat dikirim secara *real-time* melalui *platform* komunikasi berbasis internet, seperti Telegram, sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan dari lokasi yang berbeda. [4].

Bertolak dari permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan suatu sistem *otomatis* penerangan teras rumah berbasis mikrokontroler ESP32 dengan mengintegrasikan sensor LDR sebagai pengendali lampu *otomatis* serta sensor PIR dan ESP32-CAM sebagai sistem *monitoring visual* berbasis IoT. *Integrasi* sistem Hal ini diharapkan dapat meningkatkan *efisiensi* dalam penggunaan energi listrik sekaligus memberikan nilai tambah berupa kemampuan pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem penerangan rumah *otomatis* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32.
2. Membangun sebuah sistem untuk mengendalikan lampu pada teras rumah secara *otomatis* sesuai dengan kondisi cahaya lingkungan dan aktivitas penghuni.

## 1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini dapat disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pencahayaan teras rumah yang mampu mengontrol proses menyalakan dan mematikan lampu secara *otomatis* berdasarkan tingkat intensitas cahaya lingkungan dengan memanfaatkan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) berbasis mikrokontroler ESP32.
2. Bagaimana performa sistem ESP32-CAM dalam menangkap gambar serta mengirimkannya ke *platform* Telegram sebagai komponen dalam sistem pemantauan *visual* berbasis *Internet of Things* (IoT).
3. Bagaimana hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditinjau dari respons sensor, keandalan pengambilan gambar, serta keberhasilan pengiriman data melalui jaringan internet.

#### 1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) tidak dimanfaatkan untuk proses pendeteksian pada sistem ini mengendalikan lampu, melainkan hanya berfungsi sebagai pendeteksi pergerakan manusia untuk memicu pengambilan gambar oleh ESP32-CAM.
2. Modul ESP32-CAM digunakan untuk menangkap gambar secara *otomatis* ketika sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi adanya gerakan, namun tidak digunakan sebagai sistem CCTV yang bekerja secara terus-menerus.
3. Sistem diuji pada satu titik lampu dan satu modul kamera sebagai *representasi* sistem penerangan pada teras rumah.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemilik rumah dapat mengurangi pemborosan energi listrik akibat kelalaian dalam mematikan lampu, sehingga dapat menghemat biaya tagihan listrik.
2. Memberikan solusi alternatif sistem penerangan rumah *otomatis* yang hemat energi, praktis, dan dapat dipantau jarak jauh.
3. Menjadi bahan referensi penelitian dan pengembangan sistem *Smart Home* berbasis mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT).

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Dalam pembahasan laporan penelitian ini, sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

##### BAB I : PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan berisi latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian, rumusan serta batasan masalah, serta sistematika penulisan.

##### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka memuat berbagai teori yang mendasari pengembangan sistem peneranga pada teras rumah berbasis

*Internet Of Things (IOT) dan sistem monitoring visual* serta pengambilan gambar secara *otomatis*.

**BAB III : METODE PENELITIAN**

Bagian metode penelitian memuat uraian mengenai waktu dan lokasi pelaksanaan, alat dan bahan yang digunakan, gambaran umum metode yang diusulkan, serta diagram alir penelitian yang dilengkapi dengan tahapan-tahapan metode yang diterapkan.

**BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bagian hasil dan pembahasan menguraikan temuan penelitian, analisis terhadap hasil yang diperoleh, serta perhitungan performa dari metode yang diusulkan

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bagian kesimpulan dan saran memuat ringkasan hasil penelitian yang telah diperoleh serta rekomendasi untuk pengembangan penelitian di masa mendatang.

**DAFTAR PUSTAKA** : Bab ini memuat daftar sumber kutipan teori yang dijadikan acuan dalam penulisan laporan.

**LAMPIRAN** : Bagian ini mencangkup dokumen dokumen pendukung penelitian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun peneliti terdahulu pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu**

No	Judul	Nama Penulis	Kelebihan	Kekurangan
1.	Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Penerangan Jalan Umum Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Bot Telegram	Bagas Adi Yudanto Universitas Semarang Skripsi (2022)	Alat ini dapat dimanfaatkan untuk menghidupkan dan mematikan lampu penerangan jalan umum secara <i>otomatis</i> sesuai kondisi lingkungan, serta dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui bot Telegram.	Perancangan alat tidak menggunakan kamera, sehingga tidak dapat mengambil gambar untuk mengetahui kondisi disekitar jalan.
2.	Rancang Bangun Penerangan Pintu Gerbang Otomatis	Reza Budi Prasetyo. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Skripsi (2021)	Sistem ini menggunakan solar cell yang memiliki keunggulan sebagai sumber energi yang praktis, karena tidak memerlukan jaringan	Sistem ini belum dilengkapi dengan fitur pemantauan, sehingga diperlukan adanya indikator baterai (aki) untuk mengetahui kapasitasnya serta memastikan apakah aki telah terisi dengan baik oleh solar cell atau belum.

No	Judul	Nama Penulis	Kelebihan	Kekurangan
			transmisi dan dapat dipasang secara modular di berbagai Lokasi.	
3.	Rancang Bangun Smart Home Berbasis Iot Dengan Integrasi Kunci Radio Frequency Identification Dan Otomatis Elektronik	Andreas Nathanael Marpaung, Universitas Buddhi Dharma Tangerang  Skripsi (2024)	Sistem pengaman pintu masuk yang memanfaatkan E-KTP dan stik dapat dirancang serta dikendalikan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega R3 sebagai pusat kontrol, dan dapat dikustomisasi melalui pemrograman pada Arduino IDE.	Setelah kunci terbuka, sistem belum dilengkapi dengan motor stepper untuk menggerakkan pintu secara otomatis dalam proses membuka dan menutup.
4.	Rancang Bangun Sistem Penerangan Jalan Umum Dengan Solar Cell 50WP Dan Solar Tracking	Sri Hartanto, Guntoro Universitas Krisnadwipayana, Jakarta  Skripsi (2023)	Pada panel surya yang menerapkan sistem pelacakan matahari (solar tracking), serta mengukur nilai tegangan, daya, dan intensitas cahaya yang dihasilkan umumnya lebih tinggi dibandingkan sistem tanpa pelacakan.	Pada panel surya yang dipasang dalam posisi tetap (statis), tegangan dan intensitas cahaya yang dihasilkan cenderung lebih rendah dibandingkan dengan panel yang menggunakan sistem solar tracking.
5.	Sistem Monitoring Keamanan Ruangan	Wisnu Wiraditama, Dedi Candra, Ami Prasena Nugraha,	Notifikasi dari aplikasi Telegram dapat	Pemilihan komponen buzzer

No	Judul	Nama Penulis	Kelebihan	Kekurangan
	Dengan Deteksi Pergerakan Manusia Berbasis ESP32 Dan Arduino	Sulartopo Program Studi Sistem Komputer, Universitas Sains dan Teknologi Komputer wisnuwiraditama Jurnal (2023)	berfungsi dengan baik dan menunjukkan respons yang cepat Sistem ini akan saat sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan, dan proses pengembangannya dilakukan menggunakan Arduino IDE.	dengan kapasitas yang kecil menyebabkan suara yang dihasilkan kurang kuat sehingga kurang efektif digunakan sebagai alarm peringatan.
6.	Perancangan Sistem Kendali Otomatis Lampu Penerangan pada Rumah Tinggal untuk Meningkatkan Efisiensi Pemakaian Listrik	M. Hudori dan Yahya Paisal Program Studi Manajemen Logistik, Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi, Jurnal (2019)	Sistem pengendali lampu rumah berbasis otomatis yang memanfaatkan mikrokontroler dan aplikasi Android memungkinkan pengguna mengoperasikan lampu dari jarak jauh tanpa perlu menggunakan kabel.	Program yang dikembangkan hanya berfungsi sebagai sistem pengendali, sehingga belum mampu melakukan pemantauan terhadap kondisi perangkat atau objek yang dikontrol, baik melalui aplikasi maupun mikrokontroler.

Berdasarkan Tabel 2.1, dapat diketahui bahwa penelitian mengenai sistem penerangan *otomatis* dan sistem *monitoring* berbasis IoT telah banyak dilakukan. Namun, sebagian besar penelitian masih mengembangkan kedua sistem tersebut secara terpisah. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan integrasi sistem penerangan pada teras rumah *otomatis* berbasis sensor LDR dengan sistem *monitoring visual* menggunakan sensor PIR dan ESP32-CAM yang terhubung ke *platform* Telegram, sehingga mampu meningkatkan efisiensi energi sekaligus keamanan lingkungan.

## 2.2 Teori Dasar

Adapun teori dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1.2.1 Mikrokontroler ESP32-CAM

ESP32-CAM adalah modul mikrokontroler berbasis ESP32 yang dirancang untuk *terintegrasi* dengan kamera digital OV2640 dan modul *Wi-Fi*. Modul ini dikembangkan oleh *Espressif System* dan banyak digunakan pada aplikasi *Internet of Things* (IoT), khususnya pada sistem pemantauan serta pengambilan citra dari jarak jauh. Keunggulan utama ESP32-CAM terletak pada kemampuannya dalam mengolah data, mendukung komunikasi nirkabel, serta memiliki ukuran yang relatif kecil dan biaya yang rendah [5].

ESP32-CAM dilengkapi dengan prosesor *dual-core* 32-bit yang mampu bekerja hingga frekuensi 240 MHz, memori SRAM internal, serta antarmuka komunikasi seperti UART, SPI, dan I<sup>2</sup>C. Selain itu, modul ini memiliki dukungan kamera dengan resolusi hingga 2 megapiksel, sehingga mampu menghasilkan citra yang cukup baik untuk keperluan *monitoring visual*. Dengan adanya modul *Wi-Fi* terintegrasi, ESP32-CAM dapat terhubung langsung ke jaringan internet tanpa memerlukan perangkat tambahan [6].

ESP32-CAM digunakan sebagai perangkat *monitoring visual* berbasis IoT yang mampu mengambil gambar dan mengirimkannya melalui jaringan internet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ESP32-CAM mampu bekerja secara stabil dalam proses pengambilan serta pengiriman citra, dengan konsumsi daya yang relatif efisien, sehingga layak diterapkan pada sistem *monitoring* berbasis mikrokontroler. Adapun mikrokontroler ESP 32 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. ESP32-CAM

Mengimplementasikan ESP32-CAM sebagai sistem pengawasan berbasis IoT dengan pemicu sensor gerak. Kamera diaktifkan hanya ketika terdeteksi adanya pergerakan, sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih efisien. Pendekatan ini dinilai efektif untuk sistem monitoring yang tidak memerlukan perekaman video secara terus-menerus[6].

Berdasarkan karakteristik dan hasil penelitian tersebut, ESP32-CAM dipilih sebagai pusat kendali dan perangkat *monitoring visual* pada penelitian ini. Modul ini berfungsi untuk mengambil gambar saat sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan manusia, kemudian mengirimkan hasil tangkapan gambar tersebut ke *platform* Telegram melalui jaringan internet sebagai bagian dari sistem *monitoring visual* berbasis IoT adapun data spesifikasi ESP 32 dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Data Spesifikasi ESP 32

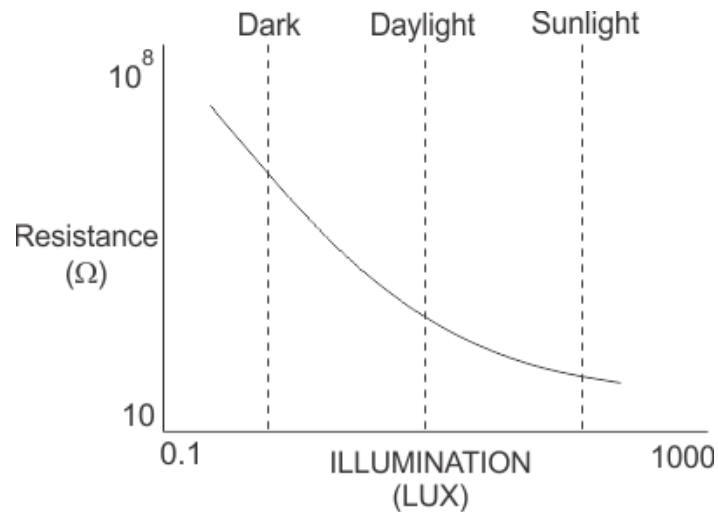
Parameter	Nilai
Tegangan Operasi	5V DC
Konsumsi Arus	250 mA
Microcontroller	ESP32, Dual-core 32-bit
Rentang Suhu Operasi	-10°C hingga +60°C
Rentang Kelembapan Operasi	0% hingga 95% RH
Pin I/O	34 pin digital

Dalam penelitian ini, ESP32 berperan sebagai pusat pengolahan data dari seluruh sensor yang digunakan, yaitu sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) dan *Passive Infrared Receiver* (PIR). Data yang diperoleh selanjutnya diproses oleh mikrokontroler, kemudian dikirimkan secara *real-time* ke *platform ThingSpeak* melalui koneksi internet yang tersedia.

### 2.2.2 Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)

Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) merupakan komponen elektronika pasif yang nilai hambatannya berubah-ubah sesuai dengan tingkat intensitas cahaya yang diterimanya. LDR bekerja berdasarkan prinsip fotokonduktivitas, di mana resistansi akan menurun ketika intensitas cahaya meningkat dan sebaliknya akan

meningkat saat intensitas cahaya menurun. Karakteristik ini menjadikan LDR banyak digunakan pada aplikasi sistem penerangan *otomatis*, khususnya untuk mendeteksi kondisi siang dan malam adapun Kurva karakteristik sensor LDR dapat dilihat pada Gambar 2 [7].



Gambar 2. Kurva karakteristik sensor LDR

Dalam kondisi gelap, nilai resistansi LDR dapat mencapai orde megaohm, sedangkan pada kondisi terang resistansinya dapat turun hingga ratusan ohm. Perubahan nilai resistansi tersebut kemudian dikonversi menjadi perubahan tegangan melalui rangkaian pembagi tegangan, sehingga nilainya dapat dibaca oleh *Analog to Digital Converter* (ADC) pada mikrokontroler. Dengan metode ini, mikrokontroler dapat menentukan kondisi lingkungan berdasarkan ambang batas (*threshold*) tertentu adapun *Sensor light dependent resistor* (LDR) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 *Sensor light dependent resistor* (LDR)

Penggunaan sensor LDR pada sistem penerangan *otomatis* luar ruangan mampu meningkatkan *efisiensi* energi listrik secara signifikan. Lampu hanya akan menyala saat intensitas cahaya lingkungan berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan, sehingga dapat mengurangi pemborosan energi akibat lampu yang menyala pada siang hari[9].

Mengimplementasikan sensor LDR pada sistem penerangan berbasis IoT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor LDR memberikan respons yang stabil terhadap perubahan kondisi pencahayaan lingkungan, intensitas cahaya dan cukup andal untuk digunakan sebagai pemicu sistem penerangan *otomatis*. Integrasi LDR dengan mikrokontroler juga dinilai sederhana dan ekonomis, sehingga cocok diterapkan pada sistem penerangan teras rumah berskala kecil hingga menengah[10].

Berdasarkan karakteristik dan hasil penelitian tersebut, sensor LDR digunakan dalam penelitian ini sebagai komponen utama untuk mengendalikan penyalaan dan pemadaman lampu secara *otomatis* berdasarkan intensitas cahaya lingkungan. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan *efisiensi* dalam penggunaan energi listrik

### **2.2.3 Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR)**

Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) adalah jenis sensor yang digunakan untuk mendeteksi pergerakan objek dengan memanfaatkan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh benda bersuhu tertentu, khususnya tubuh manusia. Sensor ini bersifat pasif karena tidak menghasilkan atau memancarkan radiasi inframerah sendiri, melainkan hanya menerima dan merespons perubahan radiasi inframerah yang terjadi di lingkungan sekitarnya. [9].

Sensor PIR memiliki tingkat keandalan yang cukup baik dalam mendeteksi pergerakan manusia pada jarak tertentu dan sudut pandang yang sesuai. Sensor ini dinilai efektif digunakan sebagai pemicu (*trigger*) pada sistem keamanan berbasis mikrokontroler karena memiliki konsumsi daya yang rendah dan respon yang cepat.

Sensor PIR bekerja dengan memanfaatkan elemen piroelektrik yang sensitif terhadap perubahan energi panas. Ketika terdapat pergerakan objek yang memancarkan radiasi inframerah dalam rentang panjang gelombang sekitar 8–14  $\mu\text{m}$ , sensor akan mendeteksi perubahan tersebut dan menghasilkan sinyal keluaran

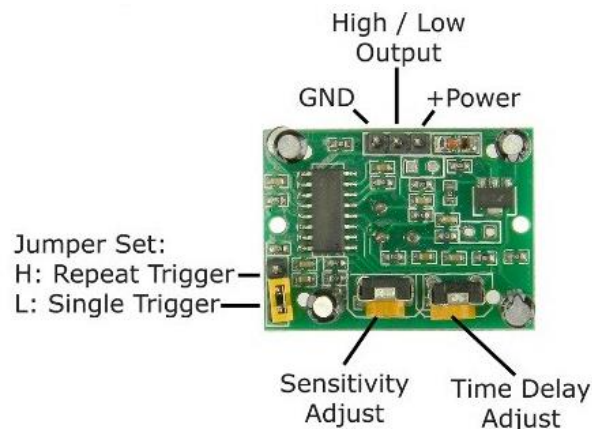
digital berupa logika tinggi (*HIGH*). Sebaliknya, ketika tidak terdeteksi pergerakan, sensor akan menghasilkan logika rendah (*LOW*) [10]. Karakteristik ini menjadikan sensor PIR banyak digunakan pada sistem deteksi gerak dan sistem keamanan adapun Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR)

Sensor PIR pada sistem *monitoring* berbasis IoT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi antara sensor PIR dengan mikrokontroler serta sistem yang digunakan mampu bekerja secara *efektif* dalam mendukung kinerja keseluruhan sistem. komunikasi internet mampu meningkatkan *efisiensi* sistem *monitoring*, karena perangkat hanya aktif ketika terdeteksi adanya pergerakan, sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih optimal.

Berdasarkan karakteristik dan hasil penelitian tersebut, sensor PIR pada penelitian ini digunakan sebagai pendeteksi pergerakan manusia untuk memicu ESP32-CAM dalam melakukan pengambilan gambar. Sensor PIR tidak digunakan untuk mengendalikan penyalan lampu, melainkan difokuskan pada fungsi *monitoring visual* agar sistem bekerja lebih efisien dan terarah adapun bagian bagian pada Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) dapat dilihat pada Gambar 5 .



Gambar 5 Bagian bagian pada sensor PIR

Bagian-bagian yang terdapat pada sensor PIR meliputi:

1. Pengatur waktu tunda, berfungsi untuk menentukan durasi sinyal *high* setelah gerakan terdeteksi dan berakhir.
2. Pengatur sensitivitas, digunakan untuk mengatur tingkat kepekaan sensor PIR.
3. Regulator 3V DC, berperan dalam menstabilkan tegangan menjadi 3V DC.
4. Dioda pelindung, berfungsi untuk melindungi sensor apabila terjadi kesalahan dalam penyambungan antara VCC dan GND.
5. Sumber daya DC, sebagai masukan tegangan dengan kisaran 3–12V DC.
6. Output digital, berfungsi sebagai keluaran sinyal digital dari sensor.
7. Ground, dihubungkan ke terminal GND.
8. IC BISS0001, berfungsi sebagai komponen utama pada sensor PIR.
9. Pengatur jumper, digunakan untuk menentukan mode keluaran pada pin digital.

Sensor PIR yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe HC-SR501, yang banyak diterapkan pada sistem pendeteksi gerakan berbasis mikrokontroler. Berdasarkan datasheet, sensor ini memiliki beberapa spesifikasi dapat dilihat pada tabel 2.3 .

Tabel 2.3 Data Spesifikasi Sensor PIR

Parameter	Nilai
Tegangan operasi	5V DC
Konsumsi arus	< 50 $\mu$ A
Jarak deteksi	3 – 7 meter
Sudut deteksi	$\pm 120^\circ$
Output	Digital (HIGH / LOW)
Waktu delay	5 – 300 detik (dapat diatur)
Sensitivitas	Dapat diatur
Suhu operasi	-15°C hingga 70°C

Berdasarkan Tabel 2.2, sensor PIR HC-SR501 memiliki kemampuan deteksi hingga jarak maksimal sekitar 7 meter dengan sudut deteksi mencapai 120°. Sensor

ini juga dilengkapi dengan pengaturan sensitivitas dan waktu tunda (*delay*) yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan sistem.

Namun, pada implementasi dalam penelitian ini, jarak efektif deteksi yang diperoleh adalah hingga sekitar 200 cm. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, posisi pemasangan sensor, serta tingkat sensitivitas yang digunakan pada modul PIR.

Selain itu, faktor seperti sudut deteksi dan hambatan di sekitar sensor juga dapat mempengaruhi performa sensor dalam mendeteksi pergerakan. Oleh karena itu, pengujian langsung diperlukan untuk mengetahui karakteristik kerja sensor pada kondisi nyata.

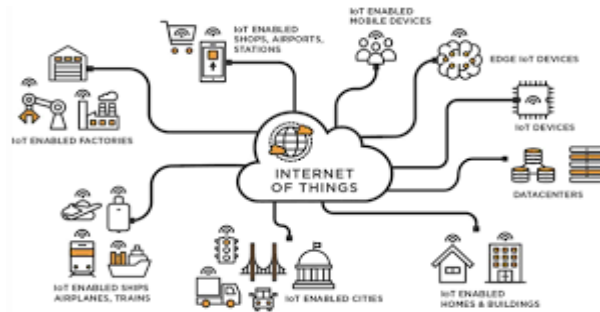
#### **2.2.4 Internet of Things (IoT)**

*Internet of Things* (IoT) merupakan suatu konsep yang memungkinkan berbagai perangkat fisik, seperti sensor, aktuator, dan mikrokontroler, saling terhubung melalui jaringan internet untuk bertukar data dan informasi secara *otomatis* tanpa memerlukan interaksi langsung dari manusia. Melalui konsep ini, sistem dapat bekerja secara terintegrasi, mampu merespons perubahan kondisi, serta dapat dipantau dari jarak jauh secara *real-time* [11].

Dalam sistem IoT, perangkat keras berperan sebagai pengumpul data melalui sensor, sedangkan mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data dan penghubung ke jaringan internet. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dikirim ke *server* atau *platform* berbasis internet untuk ditampilkan, dianalisis, maupun dijadikan dasar dalam proses pengambilan keputusan. Secara umum, arsitektur *Internet of Things* (IoT) terbagi menjadi tiga lapisan utama, yaitu *perception layer* (lapisan sensor), *network layer* (lapisan komunikasi data), dan *application layer* (lapisan aplikasi pengguna). [12].

*Internet of Things* (IoT) merupakan teknologi modern yang merujuk pada berbagai perangkat dan sistem yang saling terhubung melalui jaringan internet untuk saling bertukar data. Teknologi ini memanfaatkan sensor serta perangkat lunak komunikasi untuk mengontrol, menghubungkan, dan mentransfer data antar perangkat, sehingga memungkinkan sistem bekerja tanpa memerlukan pengawasan

langsung. Konsep ini juga dikenal dengan istilah *machine to machine* (M2M) adapun konsep dari *internet of things* dapat dilihat pada Gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 6 Konsep *Internet of Things* (IoT)



Gambar 7 Konsep *Internet of Things* (IoT)

Penerapan IoT sangat *efektif* dalam sistem *monitoring* dan pengendalian jarak jauh karena mampu meningkatkan *fleksibilitas*, *efisiensi*, serta *skalabilitas* sistem. Dengan memanfaatkan konektivitas internet, perangkat IoT dapat diakses dan dikendalikan dari berbagai lokasi tanpa keterbatasan jarak. Integrasi IoT dengan sistem berbasis sensor mampu meningkatkan *efisiensi operasional*, khususnya pada aplikasi *smart environment* seperti *smart lighting* dan sistem keamanan. IoT memungkinkan sistem untuk bekerja secara *otomatis* sesuai dengan kondisi lingkungan yang terdeteksi oleh sensor.

IoT dapat diartikan sebagai teknologi yang mengintegrasikan berbagai perangkat guna meningkatkan *efisiensi* dan kenyamanan. Cara kerjanya melibatkan koneksi serta komunikasi *otomatis* antar perangkat, dengan tujuan penelitian yang bersifat *eksploratif* untuk memahami manfaatnya. Adapun beberapa manfaat IoT antara lain mendukung aktivitas sehari-hari manusia melalui proses *otomatisasi* dan peningkatan *efisiensi*.

Pada penelitian ini, konsep IoT diterapkan untuk menghubungkan sistem penerangan *otomatis* teras rumah dan sistem *monitoring visual* dengan jaringan internet. Data berupa hasil pembacaan sensor dan citra dari ESP32-CAM dikirimkan melalui koneksi *Wi-Fi* ke *platform* komunikasi berbasis internet, yaitu Telegram. Dengan penerapan IoT, pengguna dapat menerima informasi kondisi lingkungan dan hasil tangkapan gambar secara *real-time*, sehingga sistem menjadi lebih *responsif* dan mudah dipantau dari jarak jauh.

#### **2.2.4 Platform IoT: Telegram**

Telegram merupakan aplikasi pesan instan berbasis *cloud* yang memungkinkan pengguna mengirim berbagai jenis pesan, seperti teks, gambar, audio, dan video secara cepat. Selain sebagai media komunikasi, aplikasi ini juga menyediakan *Application Programming Interface* (API) serta fitur bot yang dapat diintegrasikan dengan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk keperluan *notifikasi* dan pemantauan jarak jauh.

Dalam *implementasinya*, pemanfaatan Telegram pada sistem IoT umumnya dilakukan melalui Telegram Bot API, yang memungkinkan perangkat atau *server* mengirim pesan secara *otomatis* kepada pengguna. Adapun kelebihan penggunaan Telegram sebagai media *notifikasi* IoT meliputi kemudahan dalam penerapan, keamanan komunikasi, serta kemampuan untuk mengirimkan data multimedia seperti gambar dan video secara *real-time*.

Hal ini menjadikan Telegram banyak digunakan pada aplikasi *monitoring* dan sistem keamanan berbasis IoT. Penggunaan Telegram sebagai media *notifikasi* pada sistem IoT mampu meningkatkan *responsivitas* pengguna terhadap kondisi yang terjadi di lapangan. Sistem dapat mengirimkan informasi secara cepat tanpa memerlukan aplikasi khusus selain Telegram, sehingga lebih praktis dan *efisien*.

Mengimplementasikan Telegram sebagai antarmuka *monitoring* pada sistem keamanan berbasis IoT. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Telegram Bot mampu mengirimkan *notifikasi* dan data berupa gambar dengan tingkat keberhasilan pengiriman yang tinggi, sehingga *efektif* digunakan sebagai media pemantauan jarak jauh.

Pada penelitian ini, Telegram digunakan sebagai *platform* komunikasi untuk menerima hasil tangkapan gambar dari ESP32-CAM ketika sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan. Dengan memanfaatkan Telegram Bot, sistem mampu mengirimkan gambar secara *otomatis* melalui jaringan internet, sehingga pengguna dapat memantau kondisi area teras rumah secara *real-time* tanpa harus berada langsung di lokasi.

### 2.2.5 Light Emitting Diode (LED)

*Light Emitting Diode* (LED) sebuah perangkat pencahayaan elektronik yang menggunakan komponen semikonduktor jenis dioda untuk menghasilkan cahaya melalui proses konversi energi listrik menjadi energi cahaya (*foton*) secara langsung, tanpa melalui proses pemanasan filamen atau pelepasan gas seperti pada lampu konvensional.

Secara ilmiah, LED merupakan dioda semikonduktor *junction* PN yang dirancang khusus agar ketika diberi pada kondisi tegangan maju (*forward bias*), terjadi proses rekombinasi antara *elektron* dan *hole* yang menghasilkan pancaran cahaya dengan panjang gelombang tertentu.



Gambar 8 *Light Emitting Diode* (LED)

Keunggulan Lampu LED Dibandingkan Lampu Jenis Berikut beberapa kelebihan lampu LED yang menjadikannya semakin banyak dipilih dalam berbagai kebutuhan pencahayaan:

1. *Efisiensi* energi yang tinggi.

Lampu LED mampu menghasilkan cahaya dengan memanfaatkan sebagian besar energi yang digunakan, sehingga panas yang terbuang *relatif* lebih sedikit. Sebaliknya, lampu pijar konvensional cenderung mengubah banyak energi

menjadi panas yang tidak dimanfaatkan. Oleh karena itu, dari segi *efisiensi* dan penghematan energi, LED jauh lebih unggul dibandingkan jenis lampu lainnya.

2. Masa pakai yang lebih lama.

Dibandingkan dengan lampu konvensional seperti lampu pijar atau *fluoresen*, lampu LED memiliki umur penggunaan yang jauh lebih panjang. Dalam kondisi normal, LED dapat bertahan hingga puluhan ribu jam, sedangkan lampu pijar umumnya hanya bertahan beberapa ribu jam. Hal ini membuat frekuensi penggantian lampu menjadi lebih rendah, sehingga dapat menghemat biaya operasional dan perawatan.

3. Arah cahaya yang lebih terfokus.

Lampu LED mampu menghasilkan pencahayaan yang lebih terarah. Artinya, cahaya dapat difokuskan pada area tertentu tanpa banyak penyebaran ke arah lain yang tidak diperlukan. Keunggulan ini membuat LED sangat cocok digunakan pada aplikasi yang membutuhkan pencahayaan presisi, seperti lampu kerja, lampu baca, maupun pencahayaan panggung.

4. Minim menghasilkan panas

Lampu LED menghasilkan panas yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan jenis lampu lainnya, sehingga lebih aman digunakan serta dapat mengurangi risiko kebakaran atau kejadian yang tidak diinginkan. Selain itu, penggunaan LED juga membantu menjaga suhu ruangan tetap nyaman meskipun lampu menyala.

Sebagai *inovasi* dalam teknologi pencahayaan, lampu LED menawarkan berbagai keuntungan. Berdasarkan penjelasan mengenai cara kerja, fungsi, serta keunggulannya, dapat disimpulkan bahwa lampu LED mampu memenuhi kebutuhan penerangan di berbagai bidang, baik untuk keperluan industri maupun penggunaan sehari-hari.

### 2.2.6 Modul *Relay*

Modul *relay* adalah komponen elektromekanis yang digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengontrol beban listrik dengan tegangan dan arus yang lebih besar, menggunakan sinyal kendali berdaya rendah dari mikrokontroler. *Relay* bekerja dengan prinsip elektromagnetik, yaitu arus listrik yang mengalir pada

kumparan (*coil*) akan menghasilkan medan magnet yang menggerakkan kontak saklar sehingga dapat membuka atau menutup rangkaian listrik. [15].

Secara umum, *relay* memiliki dua jenis kontak utama, yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Closed* (NC). Kontak NO akan menutup ketika *relay* diaktifkan, sedangkan kontak NC akan membuka ketika *relay* diaktifkan. Konfigurasi ini memungkinkan *relay* digunakan pada berbagai aplikasi pengendalian beban listrik, seperti lampu, motor, dan peralatan listrik lainnya [16]. Pada modul *relay* yang digunakan bersama mikrokontroler, biasanya telah dilengkapi dengan rangkaian *driver* dan *optocoupler* untuk meningkatkan keamanan serta isolasi antara rangkaian kendali dan rangkaian daya.

Pada penelitian ini, modul *relay* digunakan sebagai penghubung antara mikrokontroler ESP32 dengan lampu penerangan di area teras rumah.. *Relay* dikendalikan berdasarkan hasil pembacaan sensor LDR, Sehingga lampu dapat hidup dan mati secara *otomatis* sesuai dengan tingkat *intensitas* cahaya di lingkungan sekitar. Penggunaan *relay* memungkinkan sistem bekerja dengan aman dalam mengendalikan beban lampu yang memiliki tegangan lebih tinggi dibandingkan tegangan kerja mikrokontroler adapun bentuk dari modul *relay* dapat dilihat pada gambar 9 .



Gambar 9. Modul *Relay*

### 2.2.7 Telegram

Telegram adalah salah satu aplikasi yang mempunyai akses untuk mengirimkan pesan secara instan dan gratis. Aplikasi telegram mampu beroperasi di android, ios, dan windows. Pengguna telegram bisa mengirim pesan, foto, video, stiker, audio, dan berbagai tipe jenis file adapun bentuk dari aplikasi telegram dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10.Telegram.

### 2.2.8 Arduino IDE

*Arduino Integrated Development Environment (IDE)* aplikasi editor teks yang dapat digunakan untuk membuat, mengedit, dan memvalidasi kode program pada papan arduino. *Software* arduino sendiri sering digunakan untuk memprogram mikrokontroler atau lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk pengembangan.

*software* arduino digunakan untuk pemograman, memungkinkannya melakukan tugas tugas yang telah ditanamkan dalam *skets* pemograman. Arduino menggunakan bahasa pemograman bahasa sendiri yang mirip dengan bahasa C.

Bahasa pemograman arduino (*sketch*) telah dimodifikasi agar lebih memudahkan bagi pemula untuk memulai pemograman dari bahasa aslinya. Menurut pada *software* ini terdapat sebuah kotak pesan berwarna hitam yang mana kotak pesan tersebut akan memberitahukan stasus pada saat sukses dalam memprogram ataupun pada saat *error*. Untuk melihat bentuk dari *software* arduino dapat dilihat pada Gambar 11 berikut :



Gambar 11. Arduino IDE.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada periode November 2025 hingga April 2026. Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Elektronika Kendali, Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

### **3.2 Alat dan Bahan**

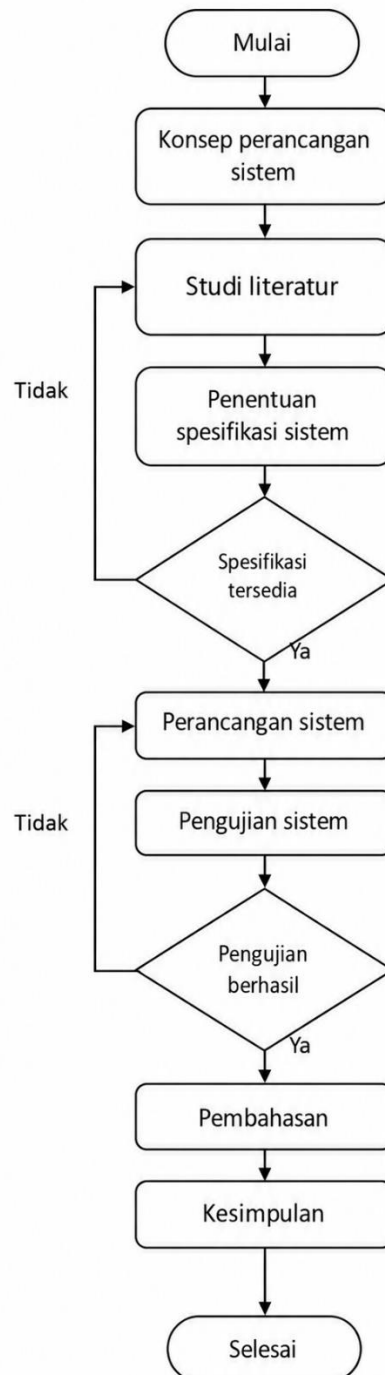
Penelitian ini menggunakan sejumlah alat dan bahan utama yang mencakup perangkat keras dan perangkat lunak. Pemilihan komponen didasarkan pada pertimbangan tingkat akurasi, ketersediaan di pasaran, kompatibilitas, serta efisiensi biaya adapun Rincian alat dan bahan ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

<b>No</b>	<b>Alat dan Bahan</b>	<b>Fungsi</b>
1	ESP32-CAM	Pusat kendali sistem dan pengambil gambar
2	Sensor LDR	Mendeteksi intensitas cahaya lingkungan
3	Sensor PIR	Mendeteksi pergerakan manusia
4	Modul Relay	Mengendalikan penyalaan dan pemadaman lampu
5	Lampu LED	Simulasi penerangan teras rumah
6	Adaptor 5V	Sumber catu daya sistem dan Sumber daya eksternal sistem.
7	PCB dan Kabel	Media perakitan rangkaian
8	Laptop	Pemrograman dan monitoring system
9	Arduino IDE	Pengembangan perangkat lunak

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

Adapun Prosedur yang akan dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 12, yang bertujuan untuk mempermudah pemahaman terhadap tahapan yang akan dijelaskan dalam penelitian ini. :



Gambar 12. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan menentukan konsep alat yang akan digunakan. Setelah konsep perancangan ditetapkan, tahap berikutnya adalah melakukan studi literatur dengan mencari *referensi* terkait alat yang akan dibuat. Studi literatur dilakukan melalui penelaahan jurnal, artikel, dan buku yang *relevan*. Berdasarkan hasil studi tersebut, selanjutnya dilakukan penentuan *spesifikasi* alat yang akan digunakan dalam proses pembuatan. Apabila *spesifikasi* yang diperoleh belum sesuai dengan kebutuhan, maka dilakukan kembali pencarian *referensi* melalui studi literatur. Setelah *spesifikasi* alat dianggap sesuai dan tersedia, tahap selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem dari alat tersebut.

Setelah perancangan alat telah selesai selanjutnya ke tahap pengujian dari alat yang telah dibuat. Jika pada tahap pengujian tidak berhasil, maka kembali merancang sistem alat agar pengujian berhasil. Ketika pengujian telah berhasil, maka tahap selanjutnya adalah pengambilan data dari hasil pengujian, data yang telah diperoleh selanjutnya dianalisa dan dari hasil Analisa, maka akan didapatkan kesimpulan hasil penelitian sistem yang telah dirancang.

### 3.4 Perancangan Sistem

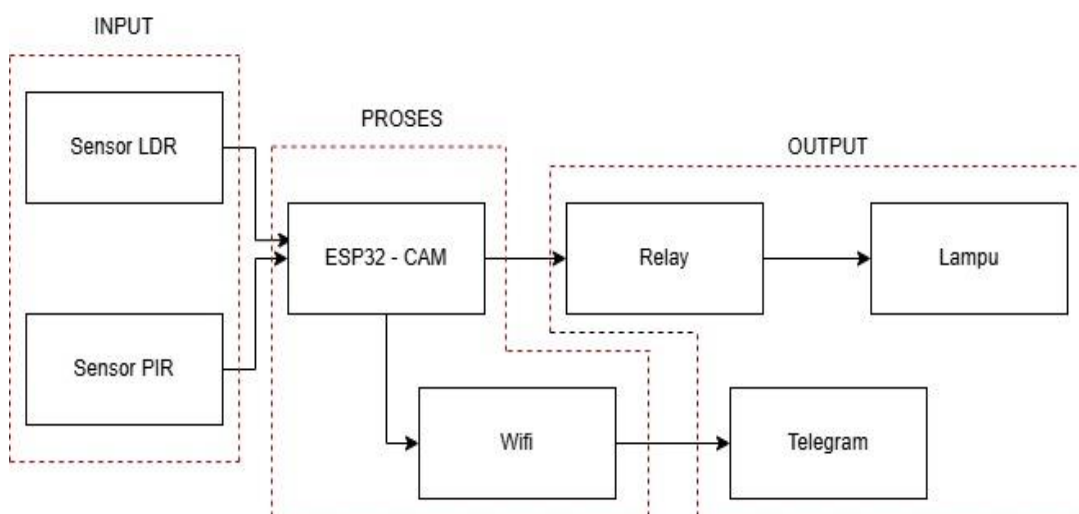
Perancangan sistem dilakukan untuk merancang sistem penerangan pada teras rumah *otomatis* yang terintegrasi dengan sistem *monitoring visual* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang dengan mengintegrasikan sensor LDR, sensor PIR, modul ESP32-CAM, modul *relay*, dan lampu penerangan agar dapat bekerja secara *otomatis* dan saling terhubung.

Sensor LDR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya lingkungan sebagai dasar pengendalian penyalaan dan pemadaman lampu. Ketika kondisi lingkungan terdeteksi gelap, sistem akan mengaktifkan lampu melalui modul *relay*, sedangkan pada kondisi terang lampu akan dimatikan. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi adanya pergerakan manusia di sekitar area penerangan dan berfungsi sebagai pemicu sistem *monitoring visual*.

ESP32-CAM berperan sebagai pusat kendali sistem yang menerima data dari sensor LDR dan sensor PIR, mengolah data sesuai dengan logika program, serta mengendalikan keluaran sistem. Ketika sensor PIR mendeteksi pergerakan, ESP32-CAM akan mengaktifkan kamera untuk mengambil gambar dan mengirimkannya

ke *platform Telegram* melalui jaringan internet sebagai *notifikasi monitoring visual*. Dengan perancangan sistem tersebut, sistem mampu bekerja secara *otomatis* dalam mengendalikan penerangan sekaligus melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara jarak jauh.

Untuk memperjelas hubungan antar komponen dalam sistem yang dirancang, dapat di lihat pada Gambar 13 perancangan sistem yang menggambarkan alur hubungan antara sensor, mikrokontroler, perangkat keluaran, serta media komunikasi berbasis *Internet of Things (IoT)*.



Gambar 13. Perancangan Sistem.

### 3.5 Skenario Pengujian Sistem

Untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian, maka dilakukan serangkaian pengujian terhadap setiap komponen serta Dilakukan pengujian sistem secara menyeluruh, yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sensor, respon sistem, serta keandalan komunikasi data berbasis *Internet of Things (IoT)*.

Skenario pengujian disusun untuk menguji masing-masing bagian sistem, meliputi sensor LDR sebagai pengendali pencahayaan *otomatis*, sensor PIR sebagai pendeteksi adanya pergerakan, modul ESP32-CAM sebagai pengolah data dan pengambil gambar, serta sistem pengiriman data melalui *platform Telegram*. Selain itu, dilakukan juga pengujian integrasi sistem guna memastikan bahwa seluruh komponen dapat beroperasi secara terkoordinasi sesuai dengan logika yang telah dirancang.

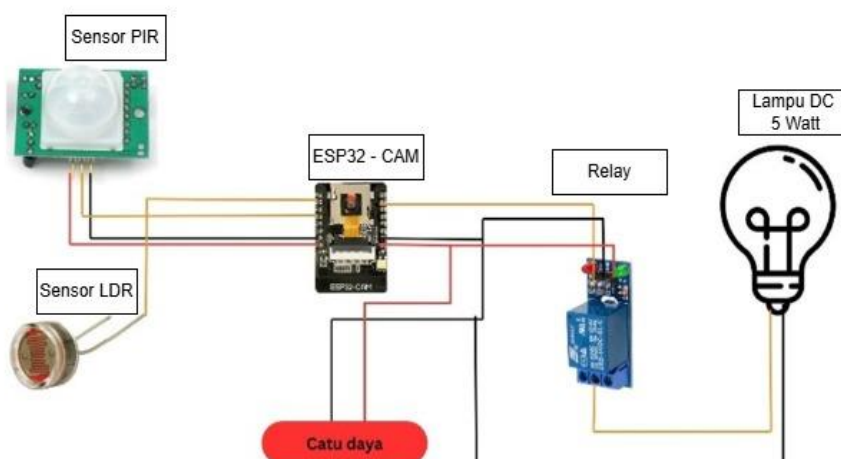
Pengujian dilakukan dengan beberapa kondisi yang berbeda, seperti kondisi terang dan gelap, serta adanya atau tidak adanya pergerakan manusia. Parameter yang diamati meliputi keberhasilan pembacaan sensor, waktu respon sistem, serta keberhasilan pengiriman data. Adapun skenario pengujian sistem ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 skenario pengujian sistem.

No	Pengujian	Indikator Keberhasilan	Keterangan
1	Pengujian Sensor LDR	Sensor mampu membedakan kondisi terang dan gelap dengan akurat	Digunakan untuk mengendalikan lampu <i>otomatis</i>
2	Pengujian Sensor PIR	Sensor mampu mendeteksi pergerakan manusia dengan respon cepat	Digunakan sebagai trigger kamera
3	Pengujian Kamera ESP32-CAM	Kamera mampu mengambil gambar saat ada gerakan	Gambar siap dikirim ke Telegram
4	Pengujian Pengiriman Telegram	Gambar berhasil dikirim ke Telegram secara <i>real-time</i>	Dipengaruhi koneksi <i>Wi-Fi</i> .
5	Pengujian Sistem Keseluruhan	Sistem berjalan sesuai logika (lampu + deteksi + kirim gambar)	Integrasi semua komponen

### 3.6 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dilakukan untuk mewujudkan sistem penerangan teras rumah yang bekerja secara *otomatis* sekaligus mendukung *monitoring visual*, sesuai dengan rancangan sistem yang telah dijelaskan pada Subbab 3.4. Komponen perangkat keras yang digunakan meliputi sensor LDR, sensor PIR, modul ESP32-CAM, modul *relay*, lampu penerangan, serta catu daya sebagai sumber tegangan. Rancangan perangkat keras pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 14 berikut.



Gambar 14. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras juga mencakup proses pengkabelan antar komponen serta penentuan pin yang digunakan pada mikrokontroler ESP32-CAM. Setiap sensor dan modul dihubungkan ke pin *input* atau *output* sesuai dengan fungsi masing-masing. Koneksi perangkat keras dirancang sedemikian rupa agar sistem dapat bekerja secara stabil serta memudahkan proses pengujian dan pemeliharaan sistem.

Sensor LDR dirancang sebagai pendeteksi intensitas cahaya lingkungan dan dihubungkan ke pin input analog pada ESP32-CAM melalui rangkaian pembagi tegangan. Data dari sensor LDR digunakan untuk menentukan kondisi terang atau gelap lingkungan sebagai dasar pengendalian penyalaan dan pemadaman lampu. Sensor PIR dihubungkan ke pin input digital ESP32-CAM dan berfungsi sebagai pendeteksi pergerakan manusia di sekitar area penerangan.

ESP32-CAM berperan sebagai pusat kendali perangkat keras yang menerima data dari sensor LDR dan sensor PIR, kemudian mengolah data tersebut sesuai dengan logika sistem. Modul *relay* dihubungkan ke salah satu pin *output* ESP32-CAM dan digunakan sebagai saklar untuk mengendalikan lampu penerangan yang memiliki tegangan kerja lebih tinggi. Lampu akan menyala atau mati berdasarkan sinyal kendali yang diberikan oleh ESP32-CAM melalui modul *relay*. Adapun hubungan antara sensor dan mikrokontroler ESP32-CAM ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hubungan antara sensor dan mikrokontroler ESP32-CAM.

Komponen	Pin ESP32
Sensor LDR	GPIO 34
Sensor PIR	GPIO 13
Relay	GPIO 12
Kamera	Modul internal ESP32-CAM

Seluruh komponen perangkat keras dirancang dengan menggunakan catu daya yang disesuaikan dengan *spesifikasi* masing-masing. Perancangan ini bertujuan agar setiap komponen dapat beroperasi secara *optimal*, aman, serta saling *terintegrasi* dalam satu sistem penerangan *otomatis* dan *monitoring visual* berbasis IoT.

### 3.7 Perancangan Perangkat Lunak

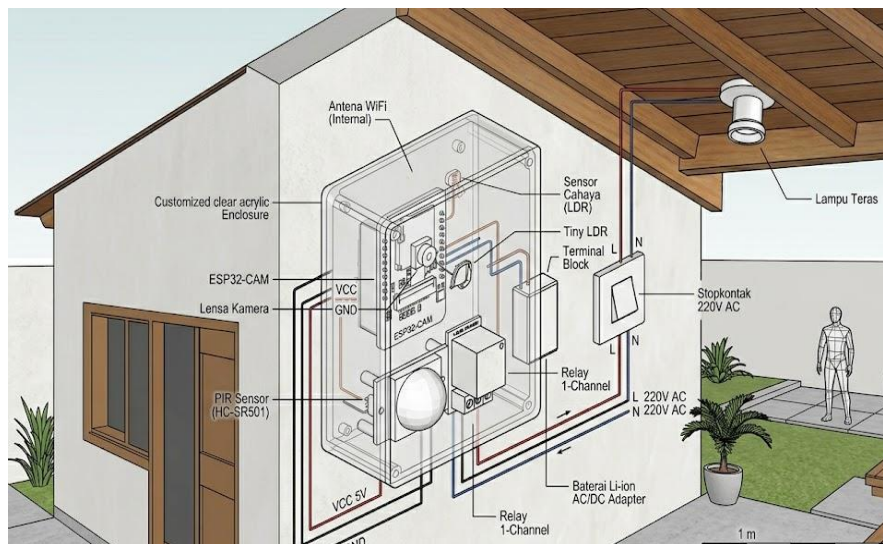
Perancangan perangkat lunak dilakukan untuk mengatur alur kerja sistem agar seluruh komponen dapat beroperasi sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Pengembangan perangkat lunak ini menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++, kemudian diunggah ke modul ESP32-CAM sebagai pusat pengendali sistem.

Perangkat lunak dirancang untuk melakukan *inisialisasi* sistem, meliputi pengaturan pin *input* dan *output*, *inisialisasi* sensor LDR dan sensor PIR, konfigurasi kamera ESP32-CAM, serta koneksi ke jaringan *Wi-Fi*. Setelah proses *inisialisasi* berhasil, sistem akan membaca data dari sensor LDR untuk menentukan kondisi intensitas cahaya lingkungan dan mengendalikan modul *relay* sebagai penghubung lampu penerangan.

Selain itu, perangkat lunak juga dirancang untuk memantau status sensor PIR secara terus-menerus. Ketika sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan manusia, ESP32-CAM akan segera merespons dengan mengaktifkan kamera untuk menangkap gambar, Gambar yang dihasilkan selanjutnya diproses dan dikirimkan ke *platform* Telegram melalui jaringan internet sebagai *notifikasi monitoring visual*. Seluruh proses pada perangkat lunak dirancang berjalan secara berulang (*looping*) selama sistem aktif, sehingga sistem mampu mengendalikan penerangan

secara *otomatis* dan melakukan *monitoring visual* secara *real-time* sesuai dengan kondisi lingkungan.

### 3.8 Implementasi Sistem pada Lingkungan Rumah



Gambar 15. *Implementasi* sistem penerangan *otomatis* dan *monitoring* berbasis IoT pada teras rumah.

Pada Gambar 15 menunjukkan *implementasi* sistem penerangan *otomatis* dan *monitoring visual* berbasis *Internet of Things* (IoT) pada lingkungan rumah. dipasang pada bagian dinding luar rumah dan terhubung dengan lampu teras sebagai *output* utama.

Perangkat utama yang digunakan terdiri dari modul ESP32-CAM sebagai pusat kendali sekaligus kamera, sensor PIR (HC-SR501) sebagai pendeteksi pergerakan, sensor LDR sebagai pendeteksi intensitas cahaya, serta modul *relay* sebagai penghubung antara sistem kontrol dengan lampu AC 220V.

Pada saat sistem aktif, sensor LDR akan membaca kondisi pencahayaan lingkungan. Jika kondisi gelap terdeteksi, maka sistem akan bersiap untuk mengaktifkan lampu. Saat sensor PIR mendeteksi adanya aktivitas di area pengawasan, ESP32-CAM akan mengambil gambar kemudian mengirimkannya *notifikasi* kepada pengguna lewat aplikasi Telegram. Selanjutnya, *relay* akan diaktifkan sehingga lampu teras menyala secara *otomatis*. Namun, apabila kondisi

lingkungan terang, lampu tetap tidak menyala meskipun terdeteksi adanya pergerakan.

Pada Gambar 15 memberikan gambaran *implementasi* sistem secara nyata serta menunjukkan hubungan antar komponen dalam sistem, mulai dari sensor input, mikrokontroler, hingga *output* berupa lampu dan *notifikasi* kepada pengguna.

### 3.9 Diagram Alir Sistem Kerja Alat

Diagram alir sistem kerja alat digunakan untuk menggambarkan urutan proses kerja sistem penerangan *otomatis* dan *monitoring visual* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikendalikan oleh ESP32-CAM. Diagram ini menunjukkan alur logika program mulai dari sistem dinyalakan hingga sistem melakukan *monitoring* secara berulang.

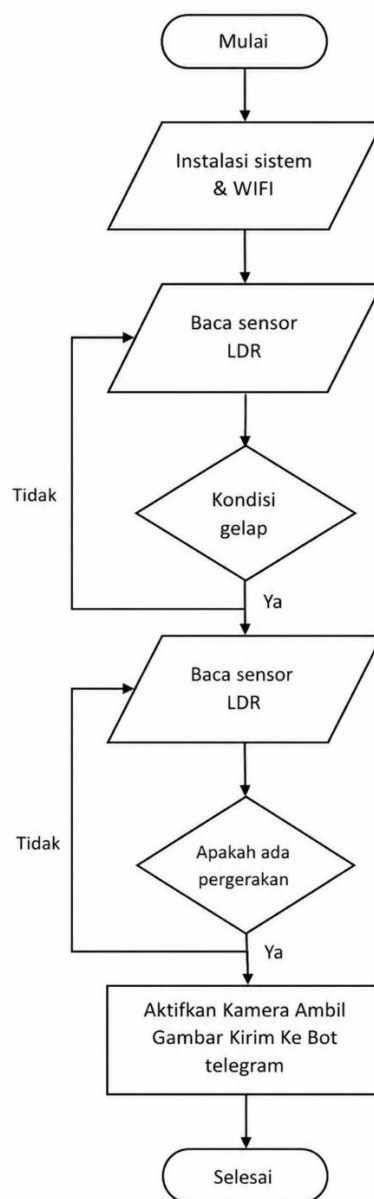
Proses diawali dengan kondisi Mulai, kemudian sistem melakukan *inisialisasi* perangkat dan koneksi *Wi-Fi*. Pada tahap ini, ESP32-CAM menginisialisasi seluruh komponen yang digunakan, meliputi sensor LDR, sensor PIR, modul *relay*, kamera, serta melakukan koneksi ke jaringan internet sebagai media komunikasi dengan *platform Telegram*.

Setelah *inisialisasi* berhasil, sistem melakukan pembacaan sensor LDR digunakan untuk mengetahui tingkat intensitas cahaya pada lingkungan sekitar. Nilai yang dibaca oleh sensor LDR kemudian diproses untuk menentukan apakah kondisi lingkungan berada dalam keadaan gelap atau terang. Apabila kondisi belum gelap, maka sistem akan kembali melakukan pembacaan sensor LDR secara berulang hingga kondisi gelap terdeteksi.

Saat kondisi gelap terdeteksi, sistem akan melanjutkan dengan membaca sensor PIR untuk mengetahui adanya pergerakan manusia di sekitar area penerangan. Jika tidak ada gerakan yang terdeteksi, sistem akan kembali melakukan pembacaan sensor PIR dan terus memantau secara berulang. apabila sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan, maka sistem akan mengaktifkan kamera pada ESP32-CAM untuk melakukan pengambilan Gambar yang dihasilkan, selanjutnya dikirimkan ke *platform Telegram* melalui jaringan internet sebagai *notifikasi monitoring visual*. Setelah proses pengiriman gambar sudah selesai, sistem kembali ke kondisi pemantauan guna membaca sensor LDR dan sensor PIR secara berulang.

Dengan alur kerja tersebut, sistem mampu mengendalikan penerangan secara *otomatis* berdasarkan kondisi cahaya lingkungan serta melakukan *monitoring visual* ketika terdeteksi adanya pergerakan, sehingga sistem bekerja secara *efisien* dan *terintegrasi* berbasis IoT.

Diagram alir sistem kerja alat digunakan untuk menggambarkan logika kerja program yang dijalankan pada mikrokontroler ESP32-CAM. Diagram ini menunjukkan tahapan proses mulai dari inialisasi sistem, pembacaan sensor, pengendalian lampu, hingga proses pengiriman data gambar ke *platform Telegram* adapun diagram alir sistem kerja alat dapat dilihat pada Gambar 16.



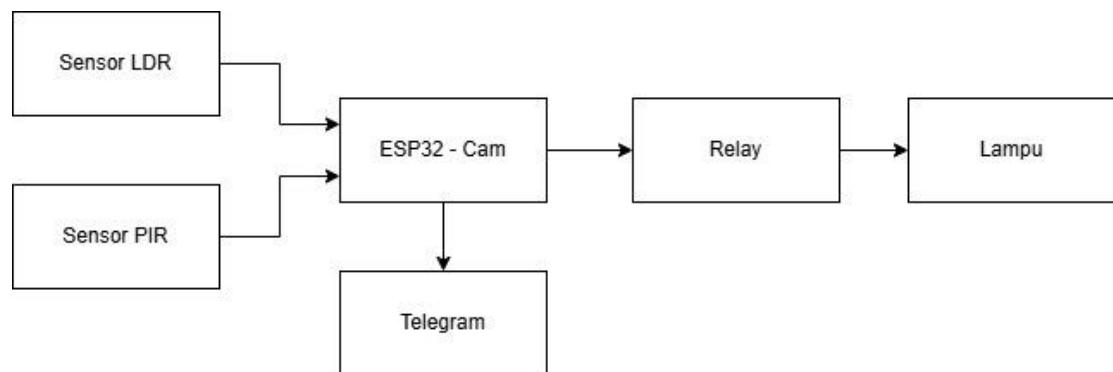
Gambar 16. Diagram Alir Sistem Kerja Alat

### 3.10 Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem pada Gambar 16 menunjukkan hubungan *funksional* antar komponen utama dalam sistem penerangan *otomatis* dan *monitoring visual* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem terdiri dari blok *input* berupa sensor LDR dan sensor PIR, blok kontrol berupa ESP32-CAM, serta blok *output* berupa lampu penerangan dan *platform* Telegram.

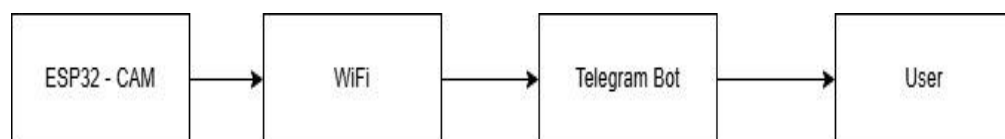
Sensor LDR dimanfaatkan untuk mengukur tingkat intensitas cahaya lingkungan sebagai acuan dalam mengontrol proses menyalakan dan mematikan lampu melalui modul *relay*. Sementara itu, sensor PIR digunakan untuk mendeteksi pergerakan manusia yang berfungsi sebagai pemicu bagi ESP32-CAM dalam melakukan pengambilan gambar.

ESP32-CAM bertindak sebagai pusat pengendali sistem yang memproses data dari kedua sensor, mengatur kerja lampu, mengaktifkan kamera, serta mengirimkan hasil tangkapan gambar ke Telegram melalui jaringan internet. Dengan konfigurasi tersebut, sistem dapat beroperasi secara *otomatis* dalam mengendalikan pencahayaan sekaligus melakukan pemantauan *visual* jarak jauh secara *terintegrasi* berbasis IoT dapat dilihat pada Gambar 17.



. Gambar 17. Diagram Blok Sistem.

### 3.11 Proses Pengiriman Data Sistem ke Telegram



Gambar 18. Diagram proses pengiriman data dari ESP32-CAM ke Telegram.

Pada Gambar 18 ditampilkan diagram proses pengiriman data dari sistem menuju aplikasi Telegram sebagai media *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT). Dalam sistem ini, ESP32-CAM berperan sebagai pusat kendali yang terhubung ke jaringan *Wi-Fi* untuk melakukan komunikasi data melalui internet.

Pada kondisi awal, ESP32-CAM akan melakukan koneksi ke jaringan *Wi-Fi* hingga sistem berada dalam keadaan siap. Selanjutnya, sistem akan melakukan *monitoring* berdasarkan *input* dari sensor PIR. Saat sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan manusia di area pengawasan, ESP32-CAM secara *otomatis* akan mengaktifkan kamera untuk melakukan pengambilan gambar.

Pada Gambar 18 yang dihasilkan kemudian diproses oleh ESP32-CAM dan dikirimkan ke *server* Telegram menggunakan Telegram Bot API melalui metode *HTTP request*. Data yang dikirimkan selanjutnya diteruskan ke akun pengguna yang telah ditentukan sebelumnya.

Pengguna akan menerima notifikasi berupa gambar hasil tangkapan kamera secara *real-time* melalui aplikasi Telegram. Dengan demikian, sistem memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi area penerangan teras rumah dari jarak jauh tanpa perlu berada langsung di lokasi.

Sistem ini menunjukkan bahwa integrasi antara perangkat keras dan *platform* komunikasi *digital* mampu mendukung proses *monitoring* secara *real-time* dapat meningkatkan *efisiensi* serta keamanan dalam penerapan sistem penerangan *otomatis* berbasis IoT.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, *implementasi*, dan pengujian sistem *smart lamp* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32-CAM, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem mampu beroperasi dengan logika yang dirancang, yaitu mengatur pencahayaan secara *otomatis* serta *monitoring visual* secara *real-time* ketika terdeteksi adanya pergerakan serta mampu mengintegrasikan sensor LDR, sensor PIR, modul *relay*, dan ESP32-CAM yang bekerja secara *otomatis* dan *terintegrasi* berbasis IoT, dengan Sensor LDR mampu mendeteksi dengan tingkat keberhasilan sebesar 100%, dan Sensor PIR mampu mendeteksi pergerakan manusia secara *optimal* hingga jarak 200 cm dengan rata-rata waktu *respon* sebesar 2.27 detik.
2. ESP32-CAM berhasil mengambil dan mengirimkan gambar ke aplikasi Telegram dengan tingkat keberhasilan 100% dan rata-rata waktu *respon* sebesar 4,09 detik, yang dipengaruhi oleh kestabilan jaringan *Wi-Fi*.

## 5.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan penyimpanan berbasis *cloud* atau database untuk menyimpan *histori* data gambar hasil deteksi sebagai dokumentasi *monitoring*.
2. Penggunaan sensor cahaya dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, seperti sensor lux digital (BH1750), untuk meningkatkan presisi dalam pengukuran intensitas cahaya.
3. Diperlukan penambahan sumber daya cadangan seperti baterai atau *Uninterruptible Power Supply* (UPS) agar sistem tetap dapat beroperasi ketika terjadi pemadaman listrik.
4. *Optimalisasi* kualitas gambar dengan penambahan pencahayaan tambahan atau pengaturan *resolusi* kamera untuk meningkatkan hasil *monitoring* pada kondisi minim cahaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hudori and Y. Paisal, "Perancangan sistem kendali otomatis lampu penerangan pada rumah tinggal untuk meningkatkan efisiensi pemakaian listrik," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 85–92, 2019.
- [2] J. Parhan and R. Rasyid, "Rancang bangun sistem kontrol kipas angin dan lampu otomatis di dalam ruang berbasis Arduino Uno R3 menggunakan multisensor," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 7, no. 2, pp. 159–165, 2018.
- [3] N. Imamah and D. S. Andika, "Perancangan sistem monitoring dan pengendalian lampu menggunakan sensor gerak dan sensor cahaya berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 12–20, 2021.
- [4] A. Arafat, "Sistem monitoring keamanan lingkungan berbasis mikrokontroler," *Jurnal Rekayasa Elektronika*, vol. 13, no. 1, pp. 45–52, 2016.
- [5] R. Mulyana, A. H. Ramadhan, and D. Kurniawan, "Implementasi ESP32-CAM sebagai sistem monitoring berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 85–92, 2021.
- [6] A. Rahman, I. Setiawan, and F. Nugroho, "Sistem monitoring keamanan berbasis ESP32-CAM dan sensor gerak," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 4, pp. 742–749, 2021.
- [7] M. Siregar, R. H. Sitompul, and D. Hartono, "Rancang bangun sistem penerangan otomatis berbasis sensor cahaya," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 3, pp. 173–179, 2020.
- [8] R. Putra and D. Saputra, "Implementasi sensor LDR pada sistem penerangan otomatis berbasis Internet of Things," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 19, no. 2, pp. 101–108, 2021.
- [9] A. Rahman, S. Hidayat, and I. Setiawan, "Perancangan sistem keamanan berbasis sensor PIR dan mikrokontroler," *Jurnal Rekayasa Elektronika*, vol. 16, no. 1, pp. 45–52, 2020.
- [10] A. Nugroho and H. Wicaksono, "Implementasi sensor PIR pada sistem monitoring berbasis Internet of Things," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 4, no. 3, pp. 523–530, 2020.
- [11] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.

- [12] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015.
- [13] D. Sasmoko, A. Fauzi, and R. Firmansyah, "Implementasi Telegram Bot pada sistem monitoring berbasis Internet of Things," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 4, no. 5, pp. 957–964, 2020.
- [14] A. Pratama and H. Nugroho, "Pemanfaatan Telegram sebagai media notifikasi pada sistem keamanan berbasis IoT," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 3, pp. 489–496, 2021.
- [15] A. Kurniawan, R. Hidayat, and M. F. Ramadhan, "Implementasi modul relay pada sistem kendali beban listrik berbasis mikrokontroler," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 89–96, 2019.
- [16] S. Hidayat and A. Prasetyo, "Rancang bangun sistem penerangan otomatis menggunakan relay dan sensor cahaya," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 45–52, 2020.
- [17] M. Khadafi, A. M. H. Pardede, and H. Sembiring, "Design of a Guest Face Detection Tool Using ESP32-CAM Based on Internet of Things (IoT)," *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications*, vol. 4, no. 1, pp. 124–130, 2024.
- [18] E. V. Manullang and S. Rumere, "Design of IoT-Based Home Security System Using PIR Sensor and ESP32-CAM," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 1, pp. 9–15, 2024.
- [19] J. Nannung, A. S. Miru, Muliadi, and Gunawan, "Development of an IoT-Based Home Security System Prototype Using Multisensors and ESP32-CAM," *Journal of Embedded Systems, Security and Intelligent Systems*, vol. 6, no. 2, 2025.
- [20] H. B. Jatiyoso et al., "Development of PIR Sensor-Based Security System and IoT-Based ESP32 WROVER CAM Module," *Jurnal Mandiri IT*, vol. 14, no. 1, pp. 191–197, 2025.
- [21] A. Rahman, I. Setiawan, and F. Nugroho, "Smart Security System Based on ESP32-CAM and Motion Detection," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 3, pp. 742–749, 2021.

- [22] M. Siregar, R. H. Sitompul, and D. Hartono, "Automatic Lighting System Using Light Sensor," *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 9, no. 3, pp. 173–179, 2020.
- [23] R. Putra and D. Saputra, "Implementation of LDR Sensor for Automatic Lighting System Based on IoT," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 11, no. 2, pp. 101–108, 2021.
- [24] A. Nugroho and H. Wicaksono, "Motion Detection System Using PIR Sensor for Smart Home Applications," *International Journal of Smart Home*, vol. 14, no. 1, pp. 45–52, 2020.
- [25] D. Sasmoko, A. Fauzi, and R. Firmansyah, "Telegram Bot for IoT-Based Monitoring System," *International Journal of Computer Applications*, vol. 176, no. 32, pp. 957–964, 2020