

SISTEM KENDALI LAMPU JALAN OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)* DI DESA RERER SATU

¹Patricia F. Wantalangi, ²Audy A. Kenap, ³Sondy C. Kumajas

^{1,2,3}Teknik Informatika, Universitas Negeri Manado, Indonesia
Jl. Kampus Unima, Kelurahan Maesa Unima, Kecamatan Tondano Selatan, Kabupaten Minahasa,
Provinsi Sulawesi Utara (Kode Pos 95618)

E-mail : 1patriciawantalangi@gmail.com, 2gagaken@gmail.com, 3sondykumajas@unima.ac.id

ABSTRAK

Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah salah satu aspek pendukung aktivitas manusia setiap harinya. Di Desa Rerer Satu kurang lebih ada 25 tiang lampu jalan tetapi hanya 9 (36%) yang digunakan dan beroperasi secara konvensional. Lampu jalan yang masih bersifat konvensional sering kali menyebabkan pemborosan energi listrik karena akibat dari kelalaian manusia yang tidak mematikan lampu jalan di pagi hari. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem kendali lampu jalan otomatis menggunakan teknologi Internet of Things (IoT), dengan metode *prototype* dan dibuat dalam 2 iterasi/versi. Sistem ini menggunakan *NodeMCU ESP32* sebagai mikrokontroler, dan 2 sensor yaitu Sensor *Passive Infrared Receiver (PIR) HC-SR501* untuk mendeteksi gerakan objek disekitar, dan Sensor *Light Dependent Resistor (LDR)* untuk mengukur intensitas cahaya. Sistem terintegrasi dengan platform *Blynk IoT* yang digunakan sebagai platform untuk mengontrol perangkat *IoT* jarak jauh secara real-time. Kondisi yang memicu lampu/LED menyala yaitu saat intensitas cahaya < 30% (*threshold*) dan adanya pergerakan objek dalam radius deteksi. Guna pemenuhan kebutuhan pengguna dalam hal ini Pemerintah Desa Rerer Satu, pada iterasi kedua sistem dikembangkan dengan penambahan komponen switch button sebagai saklar fisik lampu saat tidak ada koneksi internet. Dan hasil pengujian akhir dari sistem, sistem bekerja dengan akurasi tinggi, sehingga sistem mampu membantu Pemerintah Desa Rerer Satu dalam pencegahan pemborosan energi yang masif.

Kata kunci : *Lampu Jalan Otomatis, Internet Of Things, NodeMCU ESP32, Metode Prototype, Blynk IoT, Desa Rerer Satu.*

ABSTRACT

Public Street Lighting is one of the supporting aspects of human activities every day. In Rerer Satu Village there are approximately 25 streetlight poles but only 9 (36%) are used and operate conventionally. Streetlights that are still conventional often cause wastage of electrical energy due to human negligence in not turning off the streetlights in the morning. This study aims to create an automatic streetlight control system using Internet of Things (IoT) technology, with a prototype method and made in 2 iterations/versions. This system uses NodeMCU ESP32 as a microcontroller, and 2 sensors namely the Passive Infrared Receiver (PIR) Sensor HC-SR501 to detect the movement of surrounding objects, and the Light Dependent Resistor (LDR) Sensor to measure light intensity. The system is integrated with the Blynk IoT platform which is used as a platform to control remote IoT devices in real-time. The conditions that trigger the lights/LEDs to turn on are when the light intensity is <30% (threshold) and there is movement of objects within the detection radius. To meet the needs of users, specifically the Rerer Satu Village Government, the second iteration of the system was developed with the addition of a switch button component to physically switch the lights when there is no internet connection. Final testing of the system showed high accuracy, enabling the Rerer Satu Village Government to prevent massive energy waste.

Keyword : *Automatic Street Lights, Internet Of Things, NodeMCU ESP32, Prototype Method, Blynk IoT, Desa Rerer Satu.*

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu hal penting dalam kegiatan sehari-hari manusia, baik untuk kebutuhan rumah tangga, industri, maupun lembaga tertentu. Belajar, bekerja, dan berbagai kegiatan lainnya membutuhkan tenaga listrik. Bahkan benda mati yang membantu pekerjaan manusia, seperti lampu jalan, juga membutuhkan tenaga listrik. Dalam kehidupan sehari-hari, lampu jalan berperan penting sebagai sumber cahaya di jalan raya yang membantu memastikan keamanan serta kenyamanan masyarakat. Di beberapa lokasi, masih terdapat penerapan lampu jalan yang menggunakan sistem konvensional/tradisional. Ini bisa menjadi salah satu alasan mengapa pencahayaan jalanan umum tidak tepat sasaran. Lampu jalan yang masih konvensional biasanya memakai energi listrik yang lebih banyak, yang pasti berdampak pada anggaran/keuangan desa.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menargetkan konsumsi energi listrik di Indonesia sebesar 1.203 kWh per orang. Pada kuartal ketiga tahun 2021, konsumsi energi listrik di Indonesia telah mencapai 1.109 kWh per kapita, dan ini sudah mencapai 92% dari target konsumsi energi listrik yang ditetapkan. Hal itu menunjukkan bahwa terjadi penggunaan energi listrik yang terlalu banyak (Suarna & Edy, 2023). Seperti di beberapa titik jalan di Desa Rerer Satu, masih ada lampu jalan yang menggunakan jenis tradisional. Sekitar 25 tiang lampu jalan terpasang, tetapi hanya 9 di antaranya masih berfungsi atau digunakan. Di beberapa tempat yang seharusnya sudah ada pencahayaan yang memadai, belum terwujud sampai saat ini, padahal penerangan di jalan-jalan sangat dibutuhkan masyarakat setiap harinya.

Masalah lampu jalan di Desa Rerer Satu yang masih menggunakan jenis konvensional pasti menyebabkan dampak negatif. Karena lampu jalan masih dikendalikan secara manual oleh manusia, mungkin saja ketika hari sudah terang, lampu jalan lupa dimatikan. Akibatnya, energi listrik terus diserap secara masif hingga lampu tersebut dimatikan, sehingga terjadi pemborosan energi listrik. Pemborosan energi listrik pada lampu jalan konvensional bisa menyebabkan masalah besar, yaitu kenaikan

biaya listrik yang lebih tinggi. Biaya ini seharusnya bisa diatasi oleh pemerintah desa dengan mengelola penggunaan energi secara lebih efisien. Kedua, pemanasan global yang disebabkan oleh meningkatnya emisi karbon dapat memicu perubahan iklim dan cuaca yang lebih ekstrem, serta berdampak negatif pada lingkungan seperti banjir dan kekeringan (Firosoya, 2023). Ketiga, penggunaan energi yang melebihi kebutuhan bisa membuat energi tersebut cepat habis karena jumlahnya terbatas, terutama di desa-desa yang sumber energinya tidak melimpah. Dampak terakhir adalah berisiko terjadi pemadaman listrik apabila kapasitas pasokan energi sudah tidak cukup lagi untuk memenuhi kebutuhan konsumsi yang tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa lampu jalan yang menggunakan cara konvensional masih belum tepat dalam penggunaannya terhadap energi listrik. Namun, perkembangan teknologi yang terus meningkat setiap hari memberikan peluang untuk digunakan dalam menghemat penggunaan listrik. Seperti yang dikatakan oleh Ridwan dkk. (2023) Penggunaan listrik secara bijak dan tepat sangat penting, karena dapat membantu menjaga keberlanjutan energi untuk masa depan.

Pada penelitian ini, sistem yang dibangun menggunakan teknologi *Internet Of Things (IoT)*. Menurut Yandikha dkk. (2022) *Internet Of Things* merupakan suatu sistem yang terbentuk melalui perangkat-perangkat yang saling terhubung ke jaringan internet sehingga bisa saling bertukar data menggunakan sensor tertentu, dimana saja dan kapan saja teknologi *IoT* bisa digunakan asalkan perangkat terhubung ke internet. Dan *IoT* memungkinkan bagi pengguna bisa memantau serta mengontrol secara *remote* (Runtuwene et al., 2024).

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Kendali Otomatis

Sistem kendali atau sistem kontrol adalah susunan komponen yang digunakan untuk mengatur dan mengelola cara kerja suatu sistem (Susilo et al., 2021). Sistem kendali tidak hanya digunakan dalam bidang teknologi saja, tetapi juga diterapkan di berbagai bidang industri lainnya, seperti di rumah tangga, pabrik, bidang kesehatan, transportasi, serta masih banyak lagi.

Komponen utama dalam sistem kendali otomatis adalah sensor, aktuator, dan pengendali. Sensor akan mengukur variabel-variabel yang perlu diawasi, sehingga nanti di bagian aktuator dapat melakukan tindakan untuk mengubah variabel tersebut. Sehingga di tahap pengendali, nilai variabel yang diukur kemudian dibandingkan dengan nilai yang ditentukan (*setpoint*), sehingga menghasilkan sinyal kontrol. Sistem kendali otomatis dapat diartikan sebagai beberapa komponen yang dirancang secara khusus, yang bersama-sama membentuk sebuah sistem yang mampu bekerja sendiri. Sistem ini berfungsi untuk mengatur dan mengelola jalannya suatu sistem agar dapat menghasilkan keluaran yang sesuai dengan apa yang diinginkan.

2.2 Internet Of Things (IoT)

Menurut Fredy dkk. (2022) *Internet of Things (IoT)* adalah benda-benda di sekitar kita yang terhubung ke internet, sehingga membantu mempermudah tugas-tugas sehari-hari manusia. Tidak hanya berlaku untuk benda-benda yang memiliki sensor sehingga bisa terhubung ke internet, tetapi juga perangkat lunak atau teknologi lainnya yang memungkinkan terhubung ke internet serta mampu berbagi data antar satu dengan yang lainnya, termasuk dalam konsep IoT.

Ada beberapa bagian penting dari teknologi Internet of Things (IoT).

- a)Perangkat: Benda-benda nyata yang dilengkapi dengan sensor dan terhubung ke jaringan internet, seperti ponsel pintar, jam tangan pintar, termostat, kamera, dan sebagainya.
- b)Sensor: Alat yang digunakan untuk mengambil informasi dari kondisi lingkungan sekitar, seperti suhu, kelembapan, cahaya, gerakan, dan masih banyak lagi.
- c)Konektivitas: Jaringan yang digunakan untuk menghubungkan perangkat IoT ke internet, contohnya Wi-Fi, Bluetooth, atau jaringan seluler.
- d)Platform IoT : Semua jenis perangkat lunak yang bisa digunakan untuk menganalisis dan mengelola data yang dihasilkan oleh perangkat IoT.
- e)Aplikasi: Komponen yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan perangkat IoT dan mengakses data yang dihasilkan oleh perangkat tersebut.

Bisa disimpulkan bahwa *Internet of Things* adalah kumpulan benda-benda yang bisa terhubung ke internet dan berkomunikasi satu sama lain dengan perangkat lain tanpa dibantu manusia atau perlu interaksi dengan komputer.

2.3 NodeMCU ESP32

NodeMCU adalah sebuah platform *Internet of Things (IoT)* yang terbuat dari perangkat keras *System On Chip ESP8266* yang dikembangkan oleh *Espressif System* pada tahun 2013, serta memiliki sifat *open source* (Zainudin & Supiyana, 2023). Modul *NodeMCU* yang digunakan adalah *NodeMCU ESP32*. *NodeMCU ESP32* ini nanti akan berfungsi sebagai pengontrol semua perangkat yang akan terhubung dalam pembuatan sistem kontrol lampu jalan otomatis, singkatnya sebagai “otak” sistem.

NodeMCU ESP32 ini memang secara dasar tidak bisa langsung digunakan di *Arduino IDE* tanpa ada penyesuaian lebih lanjut. Namun, berkat *Arduino IDE* yang dilengkapi dengan fitur *Board Manager*, berbagai jenis mikrokontroler termasuk *ESP32* dapat digunakan, yaitu dengan menginstal ekstensi atau paket tambahan.

NodeMCU ESP32 sangat cocok digunakan dalam berbagai proyek yang membutuhkan koneksi jaringan, kemampuan pemrosesan yang cepat, atau penggunaan daya yang hemat. Dengan harga yang terjangkau dan dukungan penuh untuk *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, *ESP32* menjadi pilihan yang lebih menonjol dibandingkan mikrokontroler lainnya dalam penggunaan untuk aplikasi *IoT* dan sistem yang terintegrasi.

2.4 Blynk

Blynk adalah salah satu platform internet yang bisa digunakan oleh pengguna sistem operasi *iOS* maupun *Android* untuk mengontrol atau mengendalikan perangkat *IoT* dari jarak jauh seperti *Arduino*, *Raspberry Pi*, *ESP8266* dan perangkat sejenisnya, secara *real-time* melalui internet (Syukhron, 2021).

Pada *Blynk Cloud*, pengguna bisa melakukan visualisasi data hingga pembuatan *dashboard* sistem untuk aplikasi *Blynk* di *smartphone*. Nantinya, aplikasi *Blynk* yang ter-*instal* pada *smartphone* akan menjadi alat pendukung, pengaturan, dan pengendali lampu jalan.

2.5 Sensor PIR (*Passive Infrared Receiver*)

Sensor *Passive Infrared Receiver* (*PIR*) menurut Rokhmanila dkk. (2021) adalah suatu sensor yang digunakan untuk mendeteksi objek yang berada disekitarnya, berdasarkan pancaran radiasi inframerah yang diterima. Sensor ini bersifat *passive*, yang artinya sensor ini hanya menerima dan tidak memancarkan radiasi atau energi apapun untuk mendeteksi objek disekitarnya.

Sensor *PIR* bekerja berdasarkan prinsip bahwa semua benda di atas nol mutlak memancarkan gelombang inframerah. Perbedaan suhu, terutama antara manusia/hewan yang lebih hangat dan lingkungannya, sehingga menghasilkan perubahan radiasi inframerah yang dapat dideteksi oleh sensor. Dan pada penelitian ini, sensor *PIR* yang digunakan yaitu sensor *PIR HC-SR501*.

2.6 Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

Sensor *Light Dependent Resistor* (*LDR*) merupakan sensor cahaya yang memiliki sebuah resistor dimana nilai resistansinya berubah-ubah sesuai dengan tinggi rendahnya intensitas cahaya yang mengenai permukaan sensor, semakin banyak cahaya yang mengenai permukaan sensor, maka akan semakin menurun nilai resistansinya, seperti kawat penghantar, arus listrik mudah mengalir, sebaliknya jika semakin sedikit cahaya yang mengenai permukaan sensor (gelap), maka nilai hambatan atau resistansinya akan menjadi semakin besar, sehingga arus listrik yang mengalir akan terhambat, seperti isolator, arus listrik akan sulit mengalir (Nugroho & Darmawan, 2021).

2.7 Arduino Integrated Development Environment (IDE)

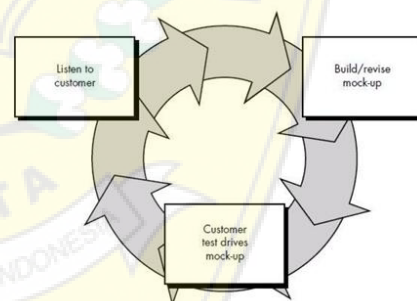
Menurut Kamal, dkk (2023) *Arduino IDE* merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk mengedit, membuat, meng-*upload*, meng-*coding*, bahkan menguji kode program tertentu. *Arduino IDE* menggunakan kode yang ditulis dalam bahasa pemrograman *C/C++*. Antarmuka yang sederhana serta sifatnya yang *user-friendly*, membuatnya mudah digunakan bagi pemula. Dalam membantu pengguna mengembangkan programnya, *Arduino IDE* dilengkapi dengan

fitur-fitur seperti *syntax highlighting*, *autocompletion*, dan *serial monitor*.

Arduino IDE juga bisa digunakan pada *NodeMCU ESP32*, yaitu perangkat *Internet of Things (IoT)* yang akan digunakan pada penelitian ini. Namun, karena saat pertama kali di instal *Arduino IDE* tidak mendukung *ESP32*, maka ada beberapa langkah konfigurasi yang diperlukan pada *board manager arduino IDE*.

3. METODOLOGI

Metode pengembangan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Metode *Prototype*. Metode *prototype* merupakan serangkaian proses yang mencakup pendekatan terhadap kebutuhan pengguna secara langsung, pembuatan *prototype*, hingga evaluasi hasil pengujian pengguna terhadap *prototype* yang dibuat oleh pengembang (Situmorang & Zul, 2024). Tujuan penggunaan metode *prototype* ini, yaitu agar sistem yang akan dibangun nanti sesuai dengan hasil analisis kebutuhan Pemerintah dan masyarakat Desa Rerer Satu, tentu berdasarkan dari data – data yang dikumpulkan.



Gambar 1 Metode *Prototype*

Metode *Prototype* memiliki 3 tahap inti yaitu *Listen to Customer* (Mendengarkan Pengguna), *Build/Revise Mock-Up* (Merancang Membangun Desain Sistem), dan *Customer Test Drives Mock-Up* (Pengujian Desain Sistem). Berikut ini tahapan yang dilakukan pada penelitian ini :

a. *Listen to Customer* (Mendengarkan Pengguna)

Pada tahap awal, pengembang mendengar dan menerima umpan balik dari pengguna yaitu Pemerintah Desa Rerer Satu mengenai kebutuhan pengguna, sehingga pengembang bisa

menganalisis dan mendefinisikan kebutuhan pengguna untuk merancang sistem kendali lampu jalan otomatis ini.

- b. *Build/Revise Mock-Up* (Merancang Membangun Desain Sistem)

Melalui hasil analisis kebutuhan pengguna pada tahap pertama, pengembang kemudian melakukan perancangan *prototype* dan penulisan baris kode program pada *Arduino IDE*.

Pada iterasi/versi pertama, komponen yang ada pada prototipe sistem antara lain *NodeMCU ESP32S* sebagai mikrokontroler, sensor *PIR*, dan sensor *LDR*. Tetapi setelah ditemukan kendala lainnya di lapangan yang bisa terjadi, maka pada iterasi kedua, pengembang melakukan penambahan komponen *switch button* sebagai saklar fisik pada prototipe sistem, sehingga bisa mengatasi masalah jika koneksi internet tidak tersedia pada waktu tertentu.

- c. *Customer Test Drives Mock-Up* (Pengujian Desain Sistem)

Desain prototipe sistem yang dilakukan pada iterasi kedua, kembali dilakukan pengujian fungsional alat dan perbaikan lagi sistem sebelum implementasi final. Hasil pengujian pada respon kontrol yaitu 2 detik, ini menunjukkan stabilitas koneksi tinggi dan responsivitas *real-time*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kebutuhan Fungsional

Dalam pengembangan sistem ini pengguna (Pemerintah Desa Rerer Satu) dapat mengendalikan/mengontrol lampu jalan secara *real time* melalui platform *Blynk* kapan dan dimana saja, serta kemampuan lampu jalan agar tetap berfungsi sekalipun tidak ada jaringan internet yang tersedia.

Berikut analisis kebutuhan sistem pada sistem kendali lampu jalan otomatis:

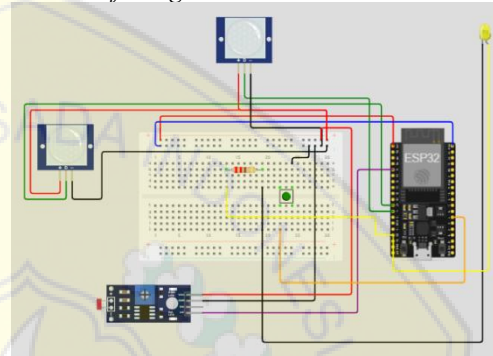
- a. Sistem akan terkoneksi dengan internet menggunakan Modul *NodeMCU ESP32*
- b. Sistem ini akan mengirimkan data (gerak, intensitas cahaya) yang sudah dikelola ke platform *Blynk*
- c. Lampu jalan akan menyala saat sensor *LDR* mendeteksi intensitas cahaya rendah/kondisi gelap dan

sensor *PIR* menerima radiasi dari suatu objek.

- d. Pengguna dapat mengontrol lampu secara fisik/langsung menggunakan *switch button* yang terpasang sebagai saklar fisik.

4.2 Rangkaian Sistem

Berikut ini adalah rangkaian sistem kendali lampu jalan otomatis berbasis *internet of things*:

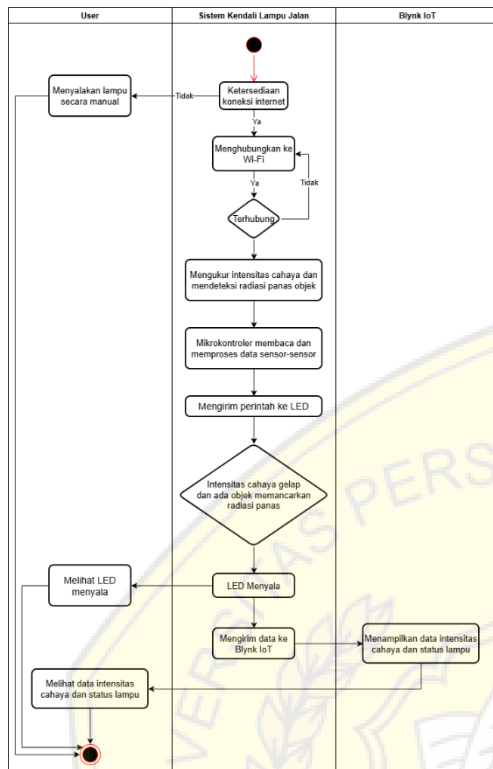


Gambar 2 Rangkaian Sistem

Berdasarkan gambar di atas, komponen rangkaian sistem yang terdiri dari Sensor *PIR HC-SR501*, Sensor *LDR*, *Switch Button*, dan *LED* terhubung ke *NodeMCU ESP32S* sebagai pusat kontrol sistem, menggunakan kabel jumper.

4.3 Alur Kerja Sistem

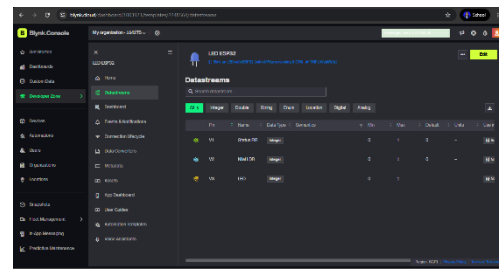
Activity Diagram merupakan penggambaran proses bisnis atau alur kerja dalam sebuah sistem. Berikut ini proses bisnis atau alur kerja dalam sistem kendali lampu jalan berbasis *internet of things*:



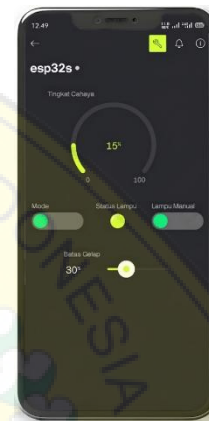
Gambar 3 Alur Kerja Sistem Kendali Lampu Jalan Berbasis *Internet of Things*

Gambar 3 memperlihatkan bagaimana alur kerja dari sistem kendali lampu jalan otomatis. Pada saat sistem menyala, terlebih dahulu sistem akan melakukan aktivitas pengecekan jaringan internet, jika tidak ada, pengguna dapat mengaktifkan secara manual melalui *switch button* (saklar fisik), tetapi jika ada, sistem akan melanjutkan mengukur intensitas cahaya dan mendeteksi radiasi panas. Data kemudian di proses oleh mikrokontroler (*NodeMCU ESP32*), sebelum dikirim ke *LED*. Jika intensitas cahaya < 30% (*threshold*) rendah/gelap dan objek memancarkan radiasi panas, maka *LED* akan menyala. Sistem juga akan mengirim data ke *Blynk IoT* jika terhubung ke internet, serta user bisa mengontrol sistem lewat *Blynk IoT*. Dan sistem ini tentu akan bekerja secara terus menerus.

4.4 Implementasi Sistem Kendali Lampu Jalan Berbasis IoT



Gambar 4 Visualisasi Data di *Blynk Cloud*



Gambar 5 Aplikasi *Blynk Mobile* Sebagai Akses Kontrol



Gambar 6 Perancangan Alat Sistem Kendali Lampu Jalan Berbasis *IoT*

Gambar 4 memperlihatkan tampilan visualisasi *datastreams* pada *Blynk Cloud*. Pada Gambar 5 Aplikasi *Blynk IoT* memperlihatkan intensitas cahaya dan status lampu, juga menjadi akses kontrol lampu jalan dari mana saja.

Dan pada Gambar 6 prototipe dirancang sesuai dengan skema yang ada pada rangkaian sistem, dimana semua komponen saling terhubung menggunakan kabel jumper. Sensor LDR diletakkan tepat di tengah-tengah kedua sensor PIR, dan sensor PIR yang terpasang dengan posisi menghadap

arah datangnya objek, dalam radius ± 20 cm memastikan tidak ada objek yang luput dari deteksi sensor.

4.5 Pengujian Sensor PIR HC-SR501

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor PIR HC-SR501

No	Jarak Objek	Kondisi Cahaya (LDR)	Sensor PIR 1	Sensor PIR 2	LED
1	± 20 cm	Gelap (22%)	✓	x	ON
2	± 20 cm	Gelap (11%)	x	✓	ON
3	± 17 cm	Gelap (17%)	✓	x	ON
4	± 17 cm	Terang (86%)	✓	x	OFF
5	± 14 cm	Gelap (18%)	✓	✓	ON
6	± 12 cm	Gelap (7%)	x	x	OFF
7	± 10 cm	Gelap (26%)	✓	x	ON
8	± 10 cm	Terang (90%)	✓	✓	OFF
9	± 5 cm	Gelap (12%)	✓	x	ON
10	± 5 cm	Gelap (8%)	x	x	OFF

Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dalam kondisi gelap (agar LED merespons) dengan jarak dan sudut yang bervariasi. Hasil pengujian pada sensor PIR HC-SR501 menunjukkan bahwa sensor PIR mampu mendeteksi objek pada jarak hingga ± 20 cm dengan baik, sehingga LED akan menyala hanya jika kondisi gelap dan salah satu sensor PIR mendeteksi adanya objek. Dan ketika kondisi terang walaupun sensor PIR mendeteksi objek, LED tetap tidak menyala, sesuai dengan logika program yang telah dirancang.

4.6 Pengujian Sensor LDR

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor LDR

No	Kondisi Pencahayaan	Nilai Raw ADC	Persentase Ke gelap	Hasil Pembaca
1	Sangat terang (sinar matahari langsung)	3800-4095	0-10%	TERANG
2	Terang (ruangan berlampu terang)	2500-3800	11-35%	TERANG
3	Remang-remang	1500-2500	36-55%	GELAP (mendekati threshold)

No	Kondisi Pencahayaan	Nilai Raw ADC	Persentase Ke gelap	Hasil Pembaca
	(senja/fajar)			
4	Gelap (malam hari tanpa lampu)	300-1500	56-95%	GELAP
5	Sangat gelap (tertutup total)	0-299	96-100%	GELAP

Berdasarkan Tabel 2, sensor LDR dapat membaca intensitas cahaya dengan baik pada berbagai kondisi pencahayaan. Nilai digital raw ADC (*Analog to Digital Converter*) pada *NodeMCU ESP32S* adalah 0-4095. Nilai raw ADC yang dibaca oleh *GPIO34* pada *NodeMCU ESP32* dikonversi menjadi persentase kegelapan menggunakan fungsi *map()* dalam program. Nilai *threshold default* yang digunakan adalah 30%, artinya LED akan aktif jika persentase kegelapan lebih dari 30%.

4.7 Pengujian Konektivitas Wi-Fi, Switch Button dan Blynk

Tabel 3 Hasil Pengujian Konektivitas Wi-Fi, Switch Button dan Blynk

No	Aktivitas Pengujian	Status Koneksi	Waktu Respon	Hasil
1	Koneksi awal <i>NodeMCU</i> ke <i>WiFi</i>	Terhubung	$\pm 4-5$ detik	Berhasil
2	Pengiriman data sensor ke <i>Blynk Cloud</i>	Terhubung	± 2 detik	Berhasil
3	Kontrol LED via aplikasi <i>Blynk</i> (mode manual)	Terhubung	$\pm 1-2$ detik	Berhasil
4	Perubahan <i>threshold</i> via <i>slider Blynk</i>	Terhubung	± 1 detik	Berhasil
5	Pergantian mode Manual ke Otomatis	Terhubung	± 1 detik	Berhasil
6	Koneksi <i>WiFi</i> terputus dan <i>reconnect</i>	Terputus lalu terhubung kembali	$\pm 12-15$ detik	Berhasil (<i>auto-reconnect</i>)
7	Tidak ada koneksi dan mencoba <i>reconnect</i>	Terhubung	± 10 detik	Berhasil (<i>auto-reconnect</i>)

No	Aktivitas Pengujian	Status Koneksi	Waktu Respon	Hasil
	ke <i>Blynk</i> (manual dari <i>switch button</i>)			
8	Pengiriman respon dari <i>Blynk</i> ke <i>NodeMCU ESP32</i> (manual dari <i>switch button</i>)	Terhubung	±3 detik	Berhasil

Berdasarkan Tabel diatas, sistem berhasil terhubung ke jaringan *WiFi* dan platform *Blynk* dengan baik. Pengiriman data sensor ke *Blynk Cloud* dilakukan setiap 2 detik secara konsisten. Sistem juga mampu melakukan *reconnect* secara otomatis ketika koneksi *WiFi* terputus, dengan waktu pemulihan sekitar 12-15 detik. Dan karena dilakukan juga pengujian terhadap *switch button* ke *Blynk*, maka setiap 10 detik *NodeMCU ESP32* akan mencoba *reconnect* ke *Blynk*, dan setelah terhubung, selama 3 detik *NodeMCU ESP32* akan mencoba mendapat respon dari *Blynk*.

4.8 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Tabel 4 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Aktual
1	Kondisi gelap + PIR mendeteksi objek (mode otomatis)	LED menyala, <i>Blynk</i> menampilkan status ON	Sesuai
2	Kondisi gelap + tidak ada objek terdeteksi (mode otomatis)	LED mati, <i>Blynk</i> menampilkan status OFF	Sesuai
3	Kondisi terang + PIR mendeteksi objek (mode otomatis)	LED tetap mati, <i>Blynk</i> menampilkan status OFF	Sesuai
4	Kondisi terang + tidak ada objek (mode otomatis)	LED tetap mati, <i>Blynk</i> menampilkan status OFF	Sesuai
5	Mode manual diaktifkan, LED dinyalakan via <i>Blynk</i>	LED menyala sesuai perintah dari <i>Blynk</i>	Sesuai
6	Mode manual diaktifkan, LED dimatikan via <i>Blynk</i>	LED mati sesuai perintah dari <i>Blynk</i>	Sesuai
7	Slider threshold	LED tidak	Sesuai

	diubah ke nilai 50% (kondisi gelap 40%)	menyala karena di bawah threshold baru	
8	Slider threshold diubah ke nilai 15% (kondisi gelap 40%)	LED menyala karena melebihi threshold baru	Sesuai
9	PIR 1 aktif, PIR 2 tidak aktif (kondisi gelap)	LED menyala, status PIR 1 ON di <i>Blynk</i>	Sesuai
10	LED menyala, status PIR 1 ON di <i>Blynk</i>	LED menyala, status PIR 2 ON di <i>Blynk</i>	Sesuai
11	Kondisi gelap + Menekan <i>switch button</i> untuk ON	LED menyala	Sesuai
12	Kondisi gelap + Menekan <i>switch button</i> untuk OFF	LED mati	Sesuai

Tabel 4 membuktikan 12 skenario pengujian yang dilakukan, dan seluruh pengujian memberikan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Membuktikan bahwa sistem kendali lampu jalan otomatis berbasis *IoT* berfungsi dengan baik dan mampu memenuhi kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan.

4.9 Pembahasan Hasil Pengujian

Berdasarkan keseluruhan pengujian yang telah dilakukan, sistem kendali lampu jalan otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* ini telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Berikut ini adalah pembahasan hasil pengujian yang telah dilakukan:

1. Sensor *PIR HC-SR501* mampu mendeteksi objek (manusia/kendaraan) berdasarkan pancaran radiasi inframerah dengan baik pada jarak hingga ±20 cm. Penggunaan dua sensor *PIR* pada kedua ujung jalan memastikan tidak ada objek yang luput dari deteksi, sehingga lampu dapat menyala tepat saat dibutuhkan.
2. Sensor *LDR* berhasil mengukur intensitas cahaya di sekitarnya secara akurat. Nilai *raw ADC* yang dibaca dikonversi menjadi persentase kegelapan (0-100%) menggunakan fungsi *map()*, sehingga memudahkan penentuan *threshold* yang fleksibel dan dapat diatur melalui slider pada aplikasi *Blynk*.

3. *NodeMCU ESP32* berhasil mengintegrasikan semua komponen dan menjalankan logika sistem dengan baik. Kemampuan *Wi-Fi* bawaan dari *ESP32* memungkinkan sistem terhubung ke internet dan berkomunikasi dengan platform *Blynk IoT Cloud* secara stabil.
4. Platform *Blynk* berhasil digunakan sebagai antarmuka pengguna untuk memantau dan mengontrol sistem secara real-time dari jarak jauh. Fitur mode otomatis dan mode manual memberikan fleksibilitas bagi pengguna dalam mengendalikan lampu jalan.
5. Penambahan *Switch button* bisa meng-cover lampu jalan agar tetap bisa menyala /berfungsi saat kondisi tidak ada jaringan internet yang tersedia.
6. Sistem secara keseluruhan telah berhasil mencapai tujuan penelitian, yaitu merancang dan membangun sistem kendali lampu jalan otomatis berbasis *IoT* yang dapat membantu pemerintah dan masyarakat Desa Rerer Satu dalam penggunaan energi listrik yang lebih tepat guna dan efisien.

Dan dari hasil keseluruhan pengujian sistem, sistem ini memiliki keunggulan dibandingkan sistem lampu jalan konvensional, yaitu:

- a. Lampu hanya menyala ketika benar-benar dibutuhkan (kondisi gelap dan ada objek yang lewat), sehingga dapat menghemat energi listrik secara signifikan.
- b. Pengguna dapat memantau dan mengontrol sistem dari jarak jauh melalui *smartphone* kapan dan di mana saja.
- c. *Threshold* intensitas cahaya dapat disesuaikan secara fleksibel melalui aplikasi *Blynk* tanpa perlu mengubah program.
- d. Sekalipun tidak ada koneksi internet yang tersedia, lampu jalan tetap bisa beroperasi dengan bantuan pengguna (Pemerintah/masyarakat).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, dan pengujian sistem yang sudah dilakukan pada Sistem Kendali Lampu Jalan Otomatis berbasis *Internet*

Of Things (IoT) di Desa Rerer Satu, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengembangan Sistem.
Dengan mengintegrasikan *NodeMCU ESP32* dengan sensor *PIR HC-SR501* dan sensor *LDR* melalui platform *Blynk IoT*, penelitian ini berhasil merancang dan membangun *prototype* Sistem Kendali Lampu Jalan Otomatis.
2. Efektivitas Sensor
 - a) Sensor *LDR*
Pada implementasi sensor *LDR* menunjukkan tingkat akurasi dalam mendeteksi pencahayaan disekitarnya, sehingga sistem ini mampu memastikan lampu aktif secara otomatis apabila kondisi lingkungan intensitas cahayanya mencapai ambang batas (*threshold*) 30%.
 - b) Sensor *PIR*
Dalam sistem ini, sensor *PIR* berhasil menangkap radiasi inframerah dari objek dengan jangkauan jarak ± 20 cm pada model *prototype*. Penempatan 2 sensor di titik berbeda mampu mengoptimalkan area pemantauan objek dari 2 arah secara bersamaan.
3. Mengoptimalisasi Energi
Melalui integrasi dari sensor *LDR* dan *PIR*, sistem ini memastikan penggunaan daya listrik yang tepat guna, karena lampu hanya bisa beroperasi pada kondisi gelap dan saat terdapat objek yang akan melintas. Hal tersebut secara efektif bisa menurunkan kerugian finansial dan penggunaan energi akibat operasional lampu jalan yang tidak efisien dan tepat sasaran di Desa Rerer Satu.
4. Kontrol yang Fleksibel
Aplikasi *Blynk IoT* memberikan kemudahan bagi pengguna (pemerintah desa rerer satu) sehingga bisa memantau status lampu secara *real-time*, serta bisa mengganti ke mode otomatis dan manual dari jarak jauh melalui *smartphone*..

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar Gumilang, Y. S., Hadi, M. S., & Lestari, D. (2022). Stopkontak Pintar

- Berbasis Internet of things sebagai Solusi Manajemen Energi Listrik dengan Menggunakan Aplikasi Android. *JASIEK (Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika Dan Komputer)*, 4(2), 55–66. <https://doi.org/10.26905/jasiek.v4i2.8332>
- Firosya, B. H. (2023). *Stop Pemborosan Energi Listrik! Ini Dampak Negatifnya*. Detikedu. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-6922008/stop-pemborosan-energi-listrik-ini-dampak-negatifnya>
- Mahanin Tyas, U., Apri Buckhari, A., Studi Pendidikan Teknologi Informasi, P., & Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, P. (2023). Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital. *TEKNOS: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 1(1), 1–9.
- Mulia, S. B., Rosid, A. I., & Bandung, P. M. (2023). *Sistem pemantauan penggunaan listrik rumah tangga dengan website berbasis iot*. 4(2), 125–131.
- Nugroho, F. S., & Darmawan, I. G. A. (2021). Smart Light Menggunakan Sensor LDR (Light Dependent Resistor). *Repoteknologi.Id*, 2(9), 1–14.
- Rokhmanila, S. (2021). Sistem Monitoring Keamanan Ruangan Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Aplikasi Android Telegram. *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, 3(2), 166. <https://doi.org/10.32493/epic.v3i2.7910>
- Runtuwene, S. R., Kumajas, S. C., & Sangkop, F. I. (2024). Aplikasi IoT Keamanan Rumah Menggunakan Metode Prototype. *Journal of Informatics, Bussines, Education, and Innovation Technology*, 2(3), 26–37. <https://jibeit.teknikinformatika.org/index.php/jibeit/article/view/50/49>
- Situmorang, H., & Zul, M. I. (2024). *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia Implementasi Metodologi Prototype dalam Pengembangan Sistem Manajemen Kehadiran Pegawai Perusahaan Berbasis Web*. 6(3), 260–270.
- Suarna, D., & Edy, E. S. (2023). Implementasi Internet of Things (IoT) dalam Memonitoring Komsumsi Listrik. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, 4(2), 163–170. <https://doi.org/10.47065/bit.v4i2.631>
- Susanto, F., Prasiani, N. K., & Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal Imagine*, 2(1), 35–40. <https://doi.org/10.35886/imagine.v2i1.1329>
- Susilo, D., Sari, C., & Krisna, G. W. (2021). Sistem Kendali Lampu Pada Smart Home Berbasis IOT (Internet of Things). *ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, 2(1), 23. <https://doi.org/10.25273/electra.v2i1.10504>
- Syukhron, I. (2021). Penggunaan Aplikasi Blynk untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar berbasis IoT. *Electrician*, 15(1), 1–11. <https://doi.org/10.23960/elc.v15n1.2158>
- Zainudin, & Supiyan, D. (2023). Perancangan Dan Implementasi Kendali Lampu Ruang Berbasis Iot Menggunakan Nodemcu Esp32. *JORAPI: Journal of Research and Publication Innovation*, 1(3), 850–855.