

Sistem Kontrol LED IoT Menggunakan Wi-Fi melalui Bot Telegram

IoT LED Control System Implementation and Optimization Using Wi-Fi Through a Telegram Bot

Mutiarani¹, Rizki Ramadani Ritonga²

^{1,2}Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
E-mail: [tatyaa10@gmail.com](mailto:tatayaa10@gmail.com), rizkiramadanirtg@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan sistem kontrol LED berbasis IoT yang dikendalikan melalui aplikasi Telegram, dengan koneksi menggunakan teknologi Wi-Fi. Sistem ini dirancang agar pengguna dapat mengontrol pencahayaan LED dari jarak jauh, baik untuk menyalakan, mematikan, maupun mengatur intensitasnya, menggunakan bot Telegram sebagai antarmuka pengendali. Mikrokontroler yang terhubung ke modul Wi-Fi bertugas menerima perintah dari Telegram bot melalui *server*, lalu mengeksekusi instruksi untuk mengontrol LED. Optimasi dilakukan untuk memastikan efisiensi daya dan mempercepat respons sistem terhadap perintah pengguna. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini bekerja dengan responsif dan stabil dalam berbagai kondisi jaringan, dengan konsumsi daya yang rendah. Dengan pendekatan ini, sistem kontrol LED IoT menawarkan solusi yang efisien dan mudah digunakan, cocok untuk aplikasi rumah pintar atau lingkungan industri yang memerlukan kontrol pencahayaan jarak jauh berbasis Telegram.

Kata kunci: Bot Telegram, IoT, Kontrol LED, Mikrokontroler, Wi-Fi

Abstract

This study develops an IoT-based LED control system operated through the Telegram application, using Wi-Fi connectivity. The system is designed to allow users to remotely control the LED lighting, including turning it on, off, or adjusting its intensity, using a Telegram bot as the control interface. A microcontroller connected to a Wi-Fi module receives commands from the Telegram bot via a server and executes the instructions to control the LED. Optimization was conducted to ensure energy efficiency and improve the system's response time to user commands. Testing demonstrated that the system performs responsively and stably under various network conditions, with low power consumption. This approach provides an efficient and user-friendly solution for LED IoT control systems, suitable for smart home applications or industrial environments requiring remote lighting control via Telegram.

Keywords: IoT, LED control, Microcontroller, Telegram bot, Wi-Fi,

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah menciptakan prospek baru untuk pengembangan sistem otomatisasi, terutama di bidang pencahayaan pintar. Salah satu pendekatan yang semakin populer adalah kontrol LED berbasis IoT, yang memungkinkan pengendalian dan pemantauan lampu dari jarak jauh melalui *internet* [1]. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk mengelola pencahayaan di berbagai tempat, termasuk rumah, kantor, dan tempat umum, tanpa memperhatikan lokasi atau batasan waktu.

Salah satu cara efektif dalam mengintegrasikan kontrol IoT adalah melalui platform

komunikasi seperti Telegram, yang unggul dalam kemudahan penggunaan dan aksesibilitas [2]. Pada penelitian ini, kami merancang sistem kontrol LED berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32, yang dioperasikan melalui aplikasi Telegram dan memanfaatkan konektivitas Wi-Fi [3]. Mikrokontroler ESP32 digunakan karena kemampuannya dalam mengelola komunikasi nirkabel dan mengontrol perangkat elektronik. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengendalikan LED secara *real-time* melalui bot Telegram, bot telegram sendiri dibuat dengan menggunakan BotFather. BotFather ini adalah layanan resmi dari Telegram atau pihak ketiga resmi dari Telegram yang memungkinkan pengguna untuk membuat dan mengelola bot. Layanan ini dipilih karena memberikan token API unik yang diperlukan untuk mengintegrasikan bot dengan perangkat IoT, serta mendukung fleksibilitas dalam pengaturan fitur bot. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengendalikan LED secara *real-time* melalui bot Telegram, baik untuk menghidupkan, mematikan, maupun mengatur intensitas pencahayaan. Selain itu, optimasi dilakukan pada konsumsi daya dan waktu respons guna meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem [4] [5].

Untuk mengintegrasikan sistem kontrol LED dengan Telegram, digunakan layanan BotFather yang dapat diakses melalui Telegram langsung (<https://core.telegram.org/bots>). BotFather menghasilkan token API yang diperlukan untuk komunikasi dengan sistem kontrol IoT berbasis ESP32. Token ini digunakan pada pustaka UniversalTelegramBot untuk menghubungkan perangkat ke server Telegram dan mengelola perintah yang dikirimkan pengguna melalui bot.

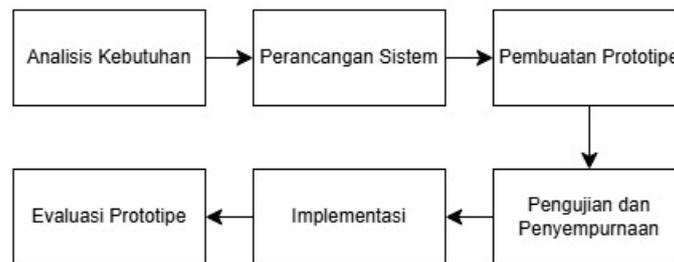
Seiring dengan perkembangannya, ponsel pintar yang terhubung ke mikrokontroler dapat berfungsi sebagai alat pengendali jarak jauh untuk mengatur perangkat listrik melalui koneksi Bluetooth. Di samping itu, IoT juga dapat digunakan untuk otomatisasi sistem pencahayaan [6]. Inklusi Wi-Fi sebagai media komunikasi dalam sistem kontrol LED meningkatkan fleksibilitas dan kecepatan koneksi, memungkinkan pengguna mengakses *gadget* secara *real-time* [7]. Selain itu, menggunakan *platform* komunikasi seperti Telegram sebagai antarmuka kontrol adalah ide baru. Telegram adalah program pesan instan. Selain itu, optimasi dilakukan pada aspek konsumsi daya dan waktu respons sistem guna meningkatkan efisiensi dan kinerja [8].

Penelitian ini bertujuan untuk menawarkan solusi yang efisien dan praktis dalam pengelolaan pencahayaan jarak jauh, yang diharapkan dapat diadopsi dalam aplikasi rumah pintar maupun lingkungan industri yang membutuhkan sistem kontrol pencahayaan terintegrasi berbasis IoT.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode prototipe sebagai pendekatan utama dalam pengembangan dan optimasi sistem kontrol LED IoT. Pendekatan ini mendukung proses pengembangan yang fleksibel dan bertahap, yang sangat diperlukan dalam proyek IoT yang melibatkan berbagai komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Melalui metode prototipe, sistem dapat diuji dan diperbaiki secara berkelanjutan, sehingga setiap elemen, seperti mikrokontroler ESP32, modul LED, dan integrasi dengan bot Telegram, dapat berfungsi sesuai spesifikasi dan memenuhi kebutuhan pengguna secara optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kontrol LED berbasis IoT yang dapat dioperasikan secara langsung melalui antarmuka Telegram. Sistem ini dikembangkan agar stabil, responsif, dan mudah diakses oleh pengguna, sehingga mereka dapat mengontrol LED dari jarak jauh dengan lebih efisien. Melalui pendekatan prototipe, penelitian ini memastikan bahwa setiap komponen inti, seperti mikrokontroler ESP32 dan modul LED, berfungsi sesuai spesifikasi dan terintegrasi dengan baik. Akhirnya, penelitian ini berfokus pada penciptaan solusi optimal untuk kontrol LED berbasis IoT, yang memenuhi kebutuhan pengguna akan sistem yang andal dan mudah digunakan.



Gambar 1 Tahap penelitian *prototype*

2.1 Analisis kebutuhan

Tahap awal dalam metode *prototyping* adalah pengumpulan kebutuhan. Dalam fase ini, peneliti mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan tujuan utama penelitian, yaitu untuk mengendalikan LED dari jarak jauh melalui koneksi internet menggunakan bot Telegram sebagai perantaranya. Peneliti akan menentukan komponen perangkat keras yang diperlukan, seperti mikrokontroler (misalnya ESP8266 atau ESP32), modul LED, dan modul Wi-Fi yang harus terintegrasi dengan baik. Selain itu, peneliti juga menetapkan spesifikasi perangkat lunak, termasuk aplikasi Telegram sebagai antarmuka pengguna serta *platform* IoT yang akan menghubungkan perangkat dengan *internet* [7]. Hasil dari tahap ini berupa daftar fitur dan fungsi yang wajib ada pada prototipe, seperti kemampuan untuk mengirim dan menerima instruksi *on/off*.

2.2 Perancangan dan pembuatan sistem

Setelah semua persyaratan terkumpul, tahap selanjutnya adalah menyusun konsep sistem dengan lebih rinci melalui pembuatan skema rangkaian untuk ESP32. Selanjutnya, peneliti akan merancang perangkat untuk sistem berdasarkan ide desain dari Sistem Kontrol LED IoT yang memanfaatkan Wi-Fi dan bot Telegram. Perancangan sistem kontrol LED yang memanfaatkan IoT melalui Wi-Fi dan bot Telegram menyediakan sebuah cara bagi pengguna untuk mengendalikan LED dari jarak jauh menggunakan aplikasi Telegram. Sistem ini beroperasi dengan menyambungkan mikrokontroler yang dilengkapi modul Wi-Fi, seperti ESP8266 atau ESP32, ke jaringan internet. Mikrokontroler berfungsi untuk mengatur lampu LED berdasarkan perintah yang diterima lewat bot Telegram. Pengguna dapat menyalakan atau mematikan LED, mengatur tingkat kecerahan, serta memilih pola nyala hanya dengan mengirimkan pesan teks di aplikasi Telegram. Teknologi ini memberikan kemudahan dan fleksibilitas kepada pengguna untuk mengelola perangkat tanpa perlu sambungan fisik.

BotFather adalah layanan resmi dari Telegram yang memungkinkan pengguna membuat dan mengelola bot dengan mudah. Proses pembuatan bot dilakukan melalui antarmuka obrolan di Telegram, menggunakan perintah seperti `/newbot`. Setelah bot dibuat, BotFather memberikan token API unik, yang digunakan untuk menghubungkan bot dengan perangkat IoT. Panduan resmi penggunaan BotFather dapat ditemukan di bot Telegram API. Token ini dimasukkan ke dalam kode program pada mikrokontroler ESP32 menggunakan pustaka `UniversalTelegramBot` untuk memfasilitasi komunikasi dengan *server* Telegram.

Desain ini menghadirkan kenyamanan dalam penggunaan serta mudahnya integrasi dengan jaringan yang sudah ada saat ini. Sistem kontrol berbasis Telegram ini dapat digunakan dalam berbagai situasi seperti penerangan rumah pintar, dekorasi kreatif, ataupun instalasi interaktif di ruang publik.

Dalam tahap implementasinya, mikrokontroler bertindak sebagai *server* yang siap menerima instruksi dari bot Telegram khusus yang dirancang untuk sistem tersebut. Bot tersebut

berfungsi sebagai penghubung antara pemakai dan perangkat berkaitan dengan LED. Untuk memberikan perintah, pengguna hanya perlu mengirim pesan ke bot itu saja, kemudian bot akan memproses perintah tersebut sebelum meneruskannya ke mikrokontroler melalui protokol HTTP atau MQTT sesuai konfigurasi pilihan. Setelah itu, mikrokontroler akan menjalankan perintah tersebut—apakah menyalakan atau mematikan LED serta bisa memberi umpan balik kepada pengguna bila diperlukan, misalnya informasi terbaru tentang status LED.

Desain ini menghadirkan kenyamanan dalam penggunaan serta mudahnya integrasi dengan jaringan yang sudah ada saat ini. Sistem kontrol berbasis Telegram ini dapat digunakan dalam berbagai situasi seperti penerangan rumah pintar, dekorasi kreatif, ataupun instalasi interaktif di ruang publik. Dengan teknologi Wi-Fi terpadu, pengguna memiliki kebebasan akses dan kontrol atas LED dari lokasi mana pun selama tersedia koneksi internet. Selain itu, penggunaan bot Telegram sebagai antarmuka kontrol sangat praktis karena aplikasi terkenal ini mudah dijangkau dan dilengkapi fitur keamanan tinggi guna menjaga komunikasi tetap aman dari potensi gangguan luar.

2.3 Pengujian dan penyempurnaan

Setelah alat dirancang, dilakukan pengujian terhadap *prototype*. Pengujian ini mencakup setiap pengiriman bot Telegram untuk menggabungkan Sistem Kontrol LED IoT, termasuk sensor yang mendeteksi dan mengontrol LED sesuai instruksi melalui Wi-Fi. Pengujian bertujuan untuk memastikan alat bekerja secara efektif dan seluruh komponen berkomunikasi dan berinteraksi dengan baik.

2.4 Implementasi

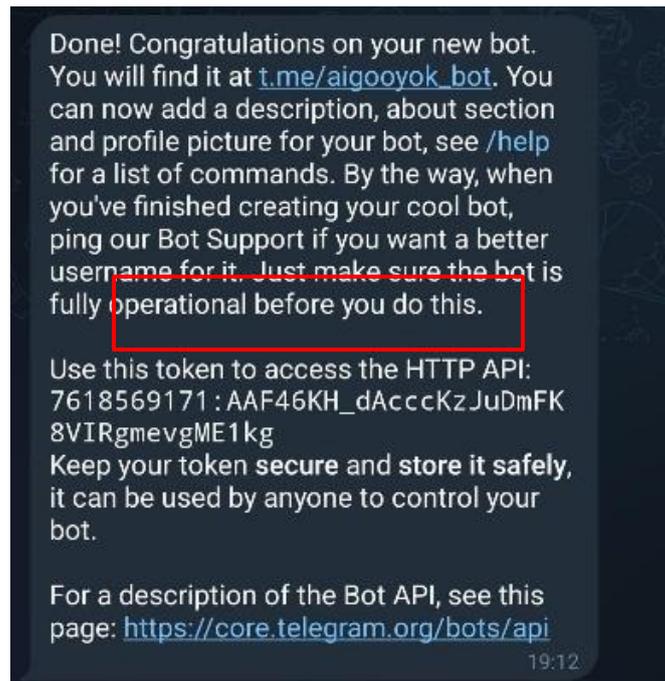
Selanjutnya pada tahap pengimplementasian sistem tidak diterapkan pada objek yang sesungguhnya, melainkan diimplementasikan pada miniatur yang dirancang menyerupai model asli. Miniatur ini bertujuan untuk merepresentasikan sistem kontrol LED IoT yang dioptimalkan menggunakan Wi-Fi dan bot Telegram. Implementasi pada miniatur ini memungkinkan uji coba berbagai fungsi, seperti proses pengiriman dan penerimaan perintah melalui bot Telegram, koneksi Wi-Fi, serta respons LED.

2.5 Evaluasi

Pada tahap terakhir, dilakukan evaluasi terhadap sistem kontrol LED IoT yang telah dibuat. Peneliti berkesempatan untuk mengevaluasi performa dan efektivitas *prototype* sebelum mengaplikasikannya dalam skala lebih besar atau pada kondisi yang sebenarnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap awal, pembuatan bot Telegram dapat dilakukan menggunakan BotFather, yang merupakan pihak ketiga resmi Telegram untuk membuat dan mengelola bot. Untuk memulai pembuatan bot baru, gunakan perintah `/newbot` dan BotFather akan meminta nama dan *username* untuk bot baru tersebut. Token API yang diberikan oleh BotFather setelah bot selesai dibuat akan digunakan dalam kode program untuk menghubungkan bot ke sistem. Selanjutnya, kode API yang diberikan oleh BotFather dimasukkan ke dalam IDE Arduino.

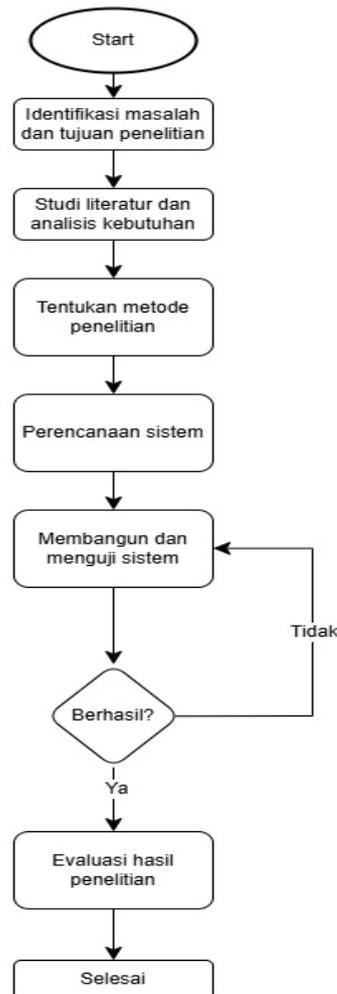


Gambar 2 API key yang diberikan BotFather

Pada tahap ini, mikrokontroler ESP32 diintegrasikan dengan pustaka yang mendukung komunikasi dengan Telegram, seperti UniversalTelegramBot untuk Arduino. Dengan demikian, mikrokontroler ESP32 dapat menerima dan menjalankan perintah yang dikirim oleh bot Telegram, seperti menyalakan atau mematikan LED.

Pada tahap implementasi sistem kontrol LED IoT berbasis Wi-Fi melalui bot Telegram, dilakukan pengujian untuk mengukur kemampuan sistem dalam mengontrol LED dari jarak jauh menggunakan perintah Telegram [9]. Sistem ini dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 yang tersambung ke jaringan Wi-Fi, sehingga pengguna dapat mengatur status LED melalui antarmuka percakapan di Telegram [10].

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa sistem dapat mengeksekusi perintah nyala dan mati LED dengan respon yang relatif cepat, tergantung pada kualitas koneksi Wi-Fi yang tersedia. Selain itu, penggunaan bot Telegram mempermudah pengguna, karena kendali dapat dilakukan secara langsung tanpa perlu aplikasi tambahan [11].



Gambar 2 Tahap Penelitian

3.1 Analisis kebutuhan

Untuk mewujudkan sistem kontrol LED IoT yang dikendalikan melalui bot Telegram, dibutuhkan beberapa komponen utama yang mendukung operasional sistem. Pertama, ESP32 sebagai mikrokontroler inti, berfungsi untuk mengelola seluruh proses sistem dan menghubungkannya dengan jaringan Wi-Fi sehingga perintah dari Telegram dapat diterima. LED digunakan sebagai komponen visual yang akan dinyalakan atau dimatikan melalui kontrol ESP32. Kabel USB *Type A* ke *Micro* USB diperlukan untuk menghubungkan ESP32 dengan komputer sekaligus memberikan suplai daya. Kabel *jumper male to male* digunakan untuk menyambungkan ESP32 dengan LED dan komponen lain pada *breadboard* yang memudahkan perakitan sirkuit [12].

Sebagai komponen tambahan, resistor 220 *ohm* berfungsi membatasi arus menuju LED agar tidak terjadi kerusakan akibat arus berlebih. Laptop diperlukan untuk melakukan pemrograman dan memantau sistem, termasuk mengunggah kode ke ESP32 serta mengakses bot Telegram. Terakhir, aplikasi Telegram menjadi platform utama yang memungkinkan pengguna mengirimkan perintah kendali. Seluruh komponen ini bekerja bersama untuk menciptakan sistem kendali jarak jauh melalui Telegram dengan kinerja yang optimal. Analisis kebutuhan dalam pengembangan sistem kontrol LED berbasis IoT yang memanfaatkan Wi-Fi melalui bot Telegram bertujuan untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan harapan, memenuhi fungsionalitas yang ditargetkan, dan memberikan kenyamanan bagi pengguna.

Aspek lain yang perlu dianalisis adalah keamanan serta keandalan sistem. Mengingat keterkaitan dengan internet membuat keamanan data menjadi sangat krusial; terutama untuk mencegah akses oleh pihak tidak berwenang terhadap bot tersebut. Dibutuhkan pengaturan akses yang efektif pada bot Telegram beserta enkripsi komunikasi guna melindungi privasi data pengguna. Selain itu, kestabilan koneksi *internet* dibutuhkan supaya perangkat dapat merespons arahan jarak jauh tanpa gangguan. Sistem harus mampu menghadapi situasi di mana koneksi tidak stabil atau mengalami pemadaman *internet* dengan cara memberikan notifikasi kepada pengguna atau mencoba menyambungkan kembali secara otomatis jika diperlukan. Berikut dibawah ini analisis kebutuhan yang diperlukan secara jelas dalam penelitian ini:

Tabel 1 Hasil analisis kebutuhan

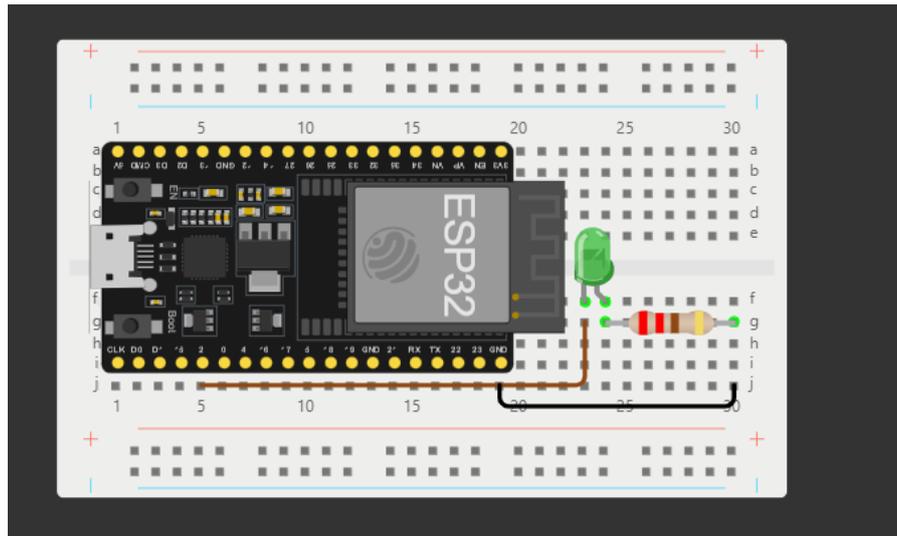
No	Kebutuhan	Jumlah
1	ESP32	1
2	LED	1
3	USB <i>Type-A</i> ke <i>Micro USB</i>	1
4	Kabel <i>Jumper Male to Male</i>	2
5	<i>Breadboard</i>	1
6	Resistor (220 ohm)	1
7	Laptop	1
8	Aplikasi Telegram	1

3.2 Desain perancangan

Pada tahap desain perancangan sistem kontrol LED IoT menggunakan ESP32, rangkaian elektronik dirancang agar LED dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui koneksi Wi-Fi. Pada gambar rangkaian yang ditunjukkan, ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama dan dihubungkan dengan LED yang dipasang di breadboard. Kaki positif LED dihubungkan ke salah satu pin digital ESP32, sementara kaki negatifnya tersambung ke ground (GND) melalui resistor 220 ohm. Penggunaan resistor ini bertujuan untuk membatasi arus listrik yang mengalir ke LED, sehingga mencegah kemungkinan kerusakan akibat arus berlebih.

ESP32 dalam rangkaian ini menerima perintah dari bot Telegram melalui jaringan Wi-Fi, yang kemudian digunakan untuk mengatur status LED, baik untuk menyalakan atau mematikannya. Desain rangkaian ini relatif sederhana namun efektif untuk mendemonstrasikan pengendalian perangkat IoT secara *real-time*. Dengan memanfaatkan bot Telegram, pengguna dapat berinteraksi dengan sistem tanpa perlu aplikasi tambahan, sehingga memudahkan dalam mengontrol perangkat secara fleksibel dan efisien.

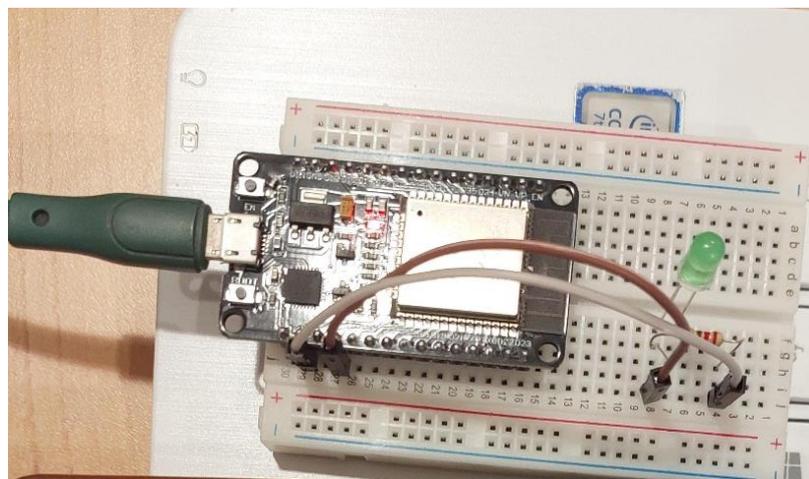
Selain desain perangkat keras, perancangan perangkat lunak juga memainkan peran penting dalam sistem kontrol LED IoT ini. Program pada ESP32 ditulis untuk memungkinkan komunikasi dua arah dengan bot Telegram melalui protokol HTTP atau API Telegram. Program ini mengatur agar ESP32 dapat menerima dan mengenali perintah yang dikirimkan oleh pengguna melalui Telegram, seperti perintah untuk menyalakan atau mematikan LED. Saat perintah diterima, ESP32 akan memprosesnya dan mengubah status LED sesuai instruksi yang diberikan. Pendekatan ini memastikan bahwa sistem berjalan dengan responsif dan mendukung interaksi *real-time*, memberikan pengalaman yang intuitif bagi pengguna dalam mengontrol perangkat IoT.



Gambar 3 Hasil rancangan sirkuit

3.3 Membuat desain prototype

Dalam tahap pembuatan desain *prototype*, komponen utama seperti mikrokontroler ESP32, LED, dan breadboard disusun agar dapat berfungsi sesuai dengan tujuan sistem. Seperti yang ditunjukkan pada gambar, ESP32 terhubung dengan LED melalui breadboard, yang mendapatkan daya dari kabel USB yang terhubung ke laptop. LED dikendalikan melalui bot Telegram, di mana perintah seperti “/on” dan “/off” dikirimkan melalui antarmuka Telegram di *smartphone* untuk mengubah status LED. Ketika perintah “/on” diterima, LED akan menyala, sedangkan saat perintah “/off” dikirim, LED akan mati. Desain ini tidak hanya menunjukkan cara kerja fisik sistem kontrol LED berbasis IoT, tetapi juga menggambarkan interaksi antara perangkat keras dan perangkat lunak secara real-time melalui platform Telegram.



Gambar 4 Desain *prototype*

3.4 Pengujian fungsionalitas

Pada bagian pengujian fungsionalitas Sistem Kontrol LED IoT yang menggunakan Wi-Fi melalui bot Telegram, dilakukan serangkaian uji untuk memastikan sistem beroperasi sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dimulai dengan menghubungkan mikrokontroler ESP32 ke jaringan Wi-Fi dan memastikan koneksi yang stabil. Selanjutnya, bot Telegram yang telah dikonfigurasi diuji dengan mengirimkan perintah “/on” dan “/off” untuk mengendalikan LED.



Gambar 5 Pengujian fungsionalitas LED

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika perintah "/on" dikirim, LED menyala dengan respons yang cepat, dan saat perintah "/off" diberikan, LED mati tanpa adanya keterlambatan. Selain itu, pengujian juga dilakukan dalam berbagai kondisi jaringan untuk mengevaluasi ketahanan sistem terhadap fluktuasi koneksi. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan memberikan kontrol yang efektif terhadap LED melalui platform Telegram, membuktikan bahwa integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak berjalan dengan lancar.



Gambar 6 Pengujian perintah di Telegram

Pengujian dilakukan di lingkungan rumah dengan tiga kondisi jaringan berbeda yakni kuat (15 Mbps), sedang (5 Mbps), dan lemah (<5 Mbps). Mikrokontroler ESP32 dihubungkan ke LED dan dikendalikan melalui bot Telegram yang diakses dari *smartphone* dan laptop. Setiap kondisi diuji sebanyak 50 kali untuk mengevaluasi waktu respon dan tingkat keberhasilan perintah.

Tabel 2 Hasil pengujian sistem dalam berbagai kondisi jaringan

No	Kondisi Jaringan	Kecepatan Jaringan	Waktu Respon	Keberhasilan (%)
1	Kuat	15 Mbps	0,5 Detik	99
2	Sedang	5 Mbps	3 Detik	98
3	Lemah	<5Mbps	7 Detik	90

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem kontrol LED berbasis IoT ini berhasil memberikan solusi yang efisien serta *user-friendly* untuk pengendalian LED secara jarak jauh. Uji coba dilakukan 50 kali dalam berbagai kondisi jaringan (kuat, sedang, lemah). Hasilnya, waktu rata-rata untuk menjalankan perintah adalah 0,5 detik pada jaringan kuat, 3 detik pada jaringan sedang, dan 7 detik pada jaringan lemah dengan rata-rata tingkat keberhasilan pada semua kondisi jaringan jika dibulatkan adalah sebesar 96%. Sistem ini dianggap efisien, mudah digunakan, dan cocok untuk mengontrol perangkat jarak jauh melalui Telegram, baik untuk rumah pintar maupun aplikasi industri. Disarankan untuk menambahkan fitur notifikasi status LED dan meningkatkan kestabilan koneksi pada jaringan yang sangat lemah.

Selain itu, pengembangan lebih lanjut bisa dilakukan dengan memperluas kendali ke perangkat elektronik lain atau mengintegrasikan sensor tambahan untuk menciptakan otomatisasi yang lebih cerdas. Peningkatan keamanan pada saluran komunikasi juga sangat penting guna melindungi data pengguna serta memastikan keandalan sistem dalam penggunaan jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zakwansyah and Satria Syuhada, "Implementasi Internet of Things Pada Sistem Kendali Lampu Rumah Menggunakan Telegram Bot & Node Mcu Esp8266," *J-Innovation*, vol. 12, no. 2, pp. 63–68, 2024, doi: 10.55600/jipa.v12i2.173.
- [2] K. I. Ramadhan, R. Ferdian Utomo, R. R. Alfiansyah, D. Izzy, and G. Anargia, "Biner : Jurnal Ilmu Komputer, Teknik dan Multimedia Perancangan IoT Pada Sistem Kontrol Lampu Menggunakan Telegram," vol. 2, no. 1, pp. 50–55, 2024.
- [3] R. W. Hidayat and I. Husnaini, "Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring Lampu Penerangan Tenaga Surya Menggunakan Aplikasi CAYENNE Berbasis IoT," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 250–258, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i2.183.
- [4] Y. Athallah Muhammad Yazid and R. Agung Permana, "Rancang Bangun Prototype Monitoring Lampu Jalan Secara Otomatis Menggunakan Mikrokontroler ESP32 Dan Api Bot Telegram," *J. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 12–19, 2022, doi: 10.51998/jti.v8i1.477.
- [5] A. D. Kurniawan, "Design and Implementation of Home Security Using Telegram Botfather," *Fidel. J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 11–15, 2020, doi: 10.52005/fidelity.v2i1.105.
- [6] S. Abdullah, R. Fauzi, and I. Setiawan, "Membangun Sistem IoT Sederhana Pengendalian LED menggunakan Arduino Nodemcu ESP8266 di SMK Media Informatika," *Din. J. Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 36–41, 2024, doi: 10.56457/dinamika.v2i1.577.
- [7] A. S. Nataprawira, A. Rizal, and A. S. Wibowo, "Perancangan Display Led Dot Matrix Via Wi-Fi Menggunakan Aplikasi Mobile Android," *Intech*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.54895/intech.v1i1.240.
- [8] S. Purba, M. Hariri, R. J. Banjarnahor, and S. N. Siregar, "LED Control System Using Arduino Wemos D1 R1 Based on Web Server Communication Via Internet of Things (IoT)," *Formosa J. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 6, pp. 1397–1408, 2023, doi: 10.55927/fjst.v2i6.4436.
- [9] C. Te Lee, L. B. Chen, H. M. Chu, C. J. Hsieh, and W. C. Liang, "An Internet of Things

-
- (IoT)-Based Master-Slave Regionalized Intelligent LED-Light-Controlling System,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 1, 2022, doi: 10.3390/app12010420.
- [10] R. Ramdan, L. Lasmadi, and P. Setiawan, “Sistem Pengendali On-Off Lampu dan Motor Servo sebagai Penggerak Gerendel Pintu Berbasis Internet Of Things (IoT),” *Avitec*, vol. 4, no. 2, p. 211, 2022, doi: 10.28989/avitec.v4i2.1317.
- [11] S. Sintaro, A. Surahman, and C. A. Pranata, “Sistem Pengontrol Cahaya Pada Lampu Tubular Daylight Berbasis Iot,” *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 2, no. 1, p. 28, 2021, doi: 10.33365/jtst.v2i1.1034.
- [12] M. Yuhanas, Charis Fathul Hadi, and Risk Fita Lestari, “Rancang Bangun Running Text Menggunakan Modul Led Matrix P10 Berbasis Arduino Uno Di Fakultas Teknik Universitas Pgri Banyuwangi,” *J. Zetroem*, vol. 3, no. 2, pp. 16–22, 2021, doi: 10.36526/ztr.v3i2.1479.