

Sistem Pengendali Lampu Jarak Jauh Menggunakan Metode Pengembangan Sistem *Spiral* Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Eric Alfonsius^{1)*}, Feergio Given Majesti Tambalean²⁾,
Carmen Emanuela Dwiva Lisapaly³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Sistem Informasi, Fakultas MIPA, Universitas Sam Ratulangi
E-Mail : ericalfonsius@unsrat.ac.id¹⁾; feergiotambalean106@student.unsrat.ac.id²⁾;
carmenlisapaly106@student.unsrat.ac.id³⁾;

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pengendali lampu jarak jauh menggunakan Raspberry Pi yang berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menerapkan metode pengembangan sistem *spiral*. Dalam era digital saat ini, kontrol perangkat elektronik melalui *internet* menjadi semakin penting, terutama untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan pengguna. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengendalikan lampu dari lokasi yang jauh melalui aplikasi *mobile* yang terhubung ke jaringan Wi-Fi. Metode *spiral* dipilih karena fleksibilitasnya dalam menangani risiko dan memungkinkan iterasi berkelanjutan berdasarkan umpan balik pengguna. Prototipe yang dihasilkan menggunakan Raspberry Pi sebagai pusat kendali, sensor untuk mendeteksi kehadiran, dan modul relai untuk mengatur aliran listrik ke lampu. Selain itu, aplikasi *mobile* dirancang untuk memberikan antarmuka pengguna yang intuitif dan responsif. Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dan keandalan dalam pengendalian lampu secara jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi dengan baik, memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengontrol lampu dengan efektif. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang otomasi rumah berbasis IoT.

Kata Kunci – pengendali lampu, *remote sensing*, Metode *Spiral*, IoT, Raspberry Pi

1. PENDAHULUAN

Teknologi *Internet of Things* (IoT) telah menjadi salah satu pilar utama dalam pengembangan Industri 4.0, yang ditandai dengan konvergensi dunia fisik dan digital (Kurniawan & Sri Pudjiarti, 2024). IoT menghubungkan berbagai perangkat dan sistem melalui jaringan *internet*, memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara real-time (Yusuf & Sodik, 2023). Hal ini memberikan peluang besar untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan inovasi di berbagai sektor industri, termasuk otomasi rumah, manufaktur, pertanian, dan layanan kesehatan.

Namun, meskipun potensi besar yang dimiliki IoT, masih terdapat berbagai permasalahan yang perlu diatasi. Salah satu isu utama adalah kebutuhan untuk kontrol yang efisien dan praktis terhadap perangkat elektronik dari jarak jauh. Dalam konteks otomasi rumah, pengguna sering menghadapi kendala dalam mengelola perangkat lampu dan alat elektronik lainnya, terutama ketika tidak berada di lokasi yang sama. Masalah ini dapat menyebabkan pemborosan energi dan mengurangi kenyamanan pengguna.

Sebagai solusi, pengembangan sistem pengendali lampu jarak jauh menggunakan teknologi IoT dapat menjadi langkah efektif untuk mengatasi masalah tersebut. Dengan memanfaatkan Raspberry Pi sebagai pusat kendali dan aplikasi *mobile* sebagai antarmuka pengguna, sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol lampu dari mana saja, kapan saja. Selain itu, sistem ini juga dapat dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi kehadiran, sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan energi.

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan keberhasilan dalam pengembangan sistem otomasi berbasis IoT, seperti sistem pengendalian rumah pintar yang mengintegrasikan berbagai perangkat menggunakan protokol komunikasi yang berbeda (Dinata & Sutabri, 2023). Namun, banyak dari penelitian ini masih terbatas pada aspek tertentu, seperti penggunaan platform yang spesifik atau tidak mempertimbangkan keamanan dan privasi data (Faruqi, 2019). Penelitian terbaru menunjukkan tren peningkatan minat terhadap pengembangan prototipe yang lebih fleksibel dan *user-friendly*.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengendali lampu jarak jauh menggunakan Raspberry Pi dengan pendekatan metode pengembangan sistem *spiral*. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan solusi otomasi rumah berbasis IoT yang lebih efisien dan dapat diakses oleh masyarakat luas, sekaligus membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut di bidang ini.

2. TINJAUAN PUSAKA

Dalam upaya memahami dan mengembangkan sistem pengendali lampu jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT), penting untuk melakukan tinjauan pustaka yang mendalam terhadap penelitian dan literatur yang relevan. Tinjauan ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis berbagai konsep, teknologi, serta pendekatan yang telah diterapkan dalam pengembangan sistem otomasi rumah, khususnya yang menggunakan Raspberry Pi dan metode pengembangan sistem *spiral*. Selain itu, tinjauan ini juga akan membahas penelitian terdahulu yang berkaitan dengan IoT, tantangan yang dihadapi dalam implementasinya, serta solusi yang diusulkan oleh peneliti lain, sehingga dapat memberikan dasar yang kuat untuk penelitian ini.

*) Correspondenting Author

A. Sistem Pengendali Jarak Jauh

Sistem pengendali jarak jauh memungkinkan pengguna untuk mengakses dan mengendalikan perangkat atau sistem dari lokasi yang berbeda melalui jaringan komunikasi. Teknologi ini telah diterapkan secara luas dalam berbagai bidang, termasuk otomasi rumah, industri, dan transportasi (Endra et al., 2019). Sistem pengendali jarak jauh yang diintegrasikan dengan teknologi komunikasi nirkabel memberikan fleksibilitas tinggi bagi pengguna, memungkinkan mereka untuk mengoperasikan perangkat seperti lampu, mesin, dan sensor secara efisien (Yulanda, 2023). Dalam konteks otomasi rumah, sistem pengendali jarak jauh memainkan peran penting dalam meningkatkan kenyamanan, mengoptimalkan penggunaan energi, dan menambah keamanan rumah (Dinata & Sutabri, 2023).

B. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke *internet*, memungkinkan perangkat tersebut saling berkomunikasi dan berbagi data (Sawitri, 2023). IoT menjadi komponen kunci dalam era Industri 4.0, memberikan manfaat besar dalam otomasi dan pemantauan *real-time*. IoT dapat mengintegrasikan perangkat seperti sensor, aktuator, dan modul komunikasi ke dalam sistem yang terhubung untuk meningkatkan efisiensi. Dalam bidang otomasi rumah, IoT memungkinkan pengguna untuk mengendalikan perangkat rumah tangga secara *remote*, seperti menghidupkan atau mematikan lampu dan perangkat elektronik lainnya, yang berkontribusi pada efisiensi energi dan kenyamanan pengguna (Visayas et al., 2024).

C. Metode Pengembangan Sistem *Spiral*

Metode pengembangan sistem *spiral* adalah pendekatan yang menggabungkan konsep model waterfall dan prototyping, memungkinkan pengembangan bertahap dengan evaluasi risiko yang konstan. Setiap siklus *spiral* terdiri dari beberapa fase, termasuk perencanaan, analisis risiko, pengembangan, dan evaluasi, yang membantu tim pengembang untuk menyesuaikan sistem sesuai kebutuhan dan masukan dari pengguna (Mulyanto et al., 2020). Metode ini sangat cocok untuk proyek yang kompleks dan memiliki risiko tinggi, seperti proyek IoT, yang sering kali melibatkan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak.

D. Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer *single-board* yang memiliki kemampuan tinggi dalam memproses data dengan biaya rendah dan desain yang kompak. Raspberry Pi sering digunakan sebagai pusat kendali dalam berbagai aplikasi IoT, seperti sistem otomasi rumah dan kontrol perangkat (Jolles, 2021). Raspberry Pi menyediakan *platform* yang fleksibel untuk mengembangkan sistem IoT, karena mendukung berbagai bahasa pemrograman, memiliki konektivitas Wi-Fi dan *Bluetooth*, serta dapat digunakan untuk mengontrol berbagai perangkat eksternal melalui port GPIO (*General Purpose Input Output*) (Saputra et al., 2024).

E. *Blackbox Testing*

Blackbox testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada pengujian fungsionalitas eksternal dari sistem tanpa melihat kode sumber internal (Alfonsius et al., 2024). Teknik ini sangat berguna dalam pengembangan IoT, terutama untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna (Arismunandar et al., 2023). *Blackbox testing* menguji input dan output dari sistem untuk memverifikasi apakah perangkat lunak dapat mengolah data secara benar dan menghasilkan keluaran yang diharapkan. Dalam konteks sistem pengendali lampu jarak jauh berbasis IoT, *blackbox testing* digunakan untuk memastikan bahwa aplikasi dan perangkat keras yang terhubung dapat berfungsi dengan baik dan merespon perintah pengguna dengan benar (Yulistina et al., 2020).

3. METODE PENELITIAN

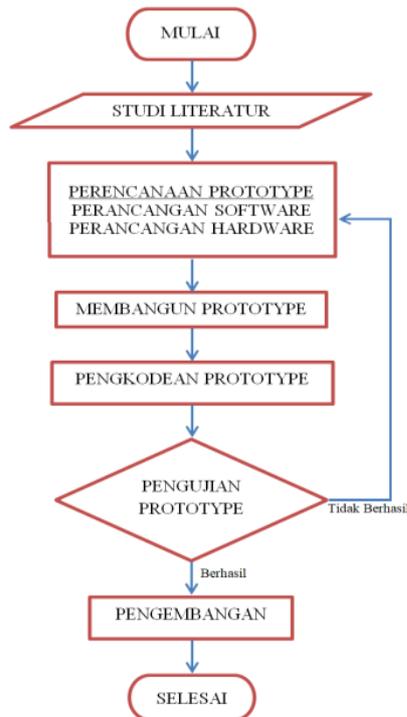
Bagian ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian untuk mengembangkan sistem pengendali lampu jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan Raspberry Pi. Proses pengembangan sistem meliputi pengumpulan data, penentuan jenis dan sumber data, metode pengembangan sistem, tahapan penelitian, serta metode pengujian yang digunakan untuk memastikan fungsionalitas sistem. Setiap tahap dirancang untuk mendukung keberhasilan implementasi prototipe dan mengevaluasi performanya secara menyeluruh sehingga sistem dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan optimal.

A. Metode Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui studi literatur dan pengamatan langsung. Studi literatur dilakukan untuk memahami konsep dasar dan teknologi yang digunakan dalam pengembangan sistem pengendali lampu jarak jauh berbasis IoT. Sumber literatur meliputi jurnal ilmiah, buku, dan artikel yang relevan dengan IoT, Raspberry Pi, metode pengembangan sistem *spiral*, dan teknik pengujian *blackbox*. Selain itu, pengamatan langsung dilakukan selama proses pengembangan untuk mengevaluasi kebutuhan dan fungsionalitas perangkat yang digunakan dalam prototipe.

B. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam studi ini dirancang secara sistematis menggunakan diagram alur (*flowchart*) penelitian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Diagram tersebut mencakup beberapa langkah utama, mulai dari persiapan, pengumpulan data, pengujian prototipe, hingga analisis hasil. Pendekatan ini memastikan penelitian berjalan terstruktur dan mudah dipahami.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

1. Studi Literatur: mencari dan mengumpulkan beberapa artikel terkait dengan penelitian ini (Kusumo et al., 2022).
2. Perencanaan prototipe *software* dan *hardware*: Mengidentifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak untuk sistem pengendali lampu, termasuk pemilihan sensor, relay, dan pengembangan aplikasi *mobile* untuk antarmuka pengguna sesuai dengan studi literatur yang digunakan.
3. Merancang dan Membangun prototipe: Merancang arsitektur sistem IoT yang mencakup Raspberry Pi sebagai pusat kendali, sensor, dan relay. Membangun aplikasi website untuk memungkinkan pengguna mengendalikan lampu dari jarak jauh.
4. Implementasi (*Coding*) prototipe: Mengembangkan dan mengkonfigurasi sistem berdasarkan desain yang telah ditentukan. Proses ini mencakup pengaturan Raspberry Pi, pengembangan aplikasi *mobile*, dan integrasi perangkat keras.
5. Pengujian: Menguji sistem menggunakan metode *blackbox testing* untuk memastikan setiap fungsi berjalan sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi.
6. Evaluasi dan Penyempurnaan (Pengembangan Kedepannya): Berdasarkan hasil pengujian, dilakukan perbaikan pada sistem hingga sistem berfungsi optimal sesuai dengan kebutuhan pengguna.

C. Metode Pengembangan Sistem yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem *spiral*, yang merupakan pendekatan iteratif dengan pengulangan siklus yang terdiri dari tahapan perencanaan, analisis risiko, pengembangan, dan evaluasi (Wahyuni & Cahyani, 2020). Metode ini dipilih karena fleksibilitasnya dalam menangani kebutuhan perubahan dan evaluasi risiko, terutama dalam pengembangan prototipe berbasis IoT. Setiap siklus pengembangan akan melibatkan perbaikan berdasarkan umpan balik dan hasil pengujian. Metode *spiral* terdiri dari beberapa iterasi (siklus) yang setiap siklusnya mencakup empat tahapan utama:

1. Tahap Perencanaan (*Planning*)

Pada tahap ini, perencanaan dilakukan untuk menetapkan tujuan, menentukan persyaratan sistem, mengidentifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan, serta membuat estimasi waktu dan sumber daya yang dibutuhkan untuk setiap iterasi. Perencanaan melibatkan pengumpulan kebutuhan pengguna dan pemetaan fungsi-fungsi sistem yang harus dibangun dalam iterasi berikutnya. Setiap iterasi dapat memiliki fokus yang berbeda, sesuai dengan hasil evaluasi dari siklus sebelumnya.

2. Tahap Analisis Risiko dan Identifikasi Alternatif (*Risk Analysis and Risk Management*)

Salah satu aspek utama dalam metode *spiral* adalah analisis risiko. Pada tahap ini, setiap komponen yang akan dikembangkan dianalisis untuk mengidentifikasi kemungkinan risiko, baik dari segi teknis, biaya, maupun implementasi. Risiko yang teridentifikasi kemudian dievaluasi untuk menentukan langkah-langkah mitigasi, seperti melakukan penelitian lebih lanjut, membuat prototipe untuk memverifikasi kelayakan, atau mengubah desain untuk menghindari masalah yang potensial. Dengan begitu, tahap ini membantu mencegah kegagalan dan memastikan stabilitas sistem sejak awal pengembangan.

3. Tahap Pengembangan dan Validasi (*Engineering and Development*)

Setelah perencanaan dan analisis risiko selesai, pengembangan sistem dilakukan berdasarkan spesifikasi yang sudah dibuat di tahap perencanaan. Pada tahap ini, implementasi awal dari sistem dilakukan, yang mencakup

pembuatan prototipe, pengkodean, integrasi modul, dan pengujian awal. Pengembangan di tahap ini bertujuan untuk menghasilkan sistem sementara yang dapat diuji dan divalidasi. Jika terdapat perubahan atau pembaruan, langkah-langkah tersebut dapat dilakukan pada iterasi selanjutnya.

4. Tahap Evaluasi dan Umpan Balik (*Evaluation and Review*)

Setelah pengembangan selesai pada iterasi tertentu, dilakukan tahap evaluasi untuk menilai apakah sistem sudah memenuhi kebutuhan pengguna dan bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Tahap ini melibatkan pengujian sistem oleh pengguna atau *stakeholder*, yang memberikan umpan balik terkait kinerja sistem. Evaluasi ini sangat penting, karena hasil umpan balik akan digunakan untuk perencanaan siklus berikutnya. Sistem akan disempurnakan berdasarkan masukan pengguna hingga memenuhi semua kriteria yang ditentukan.

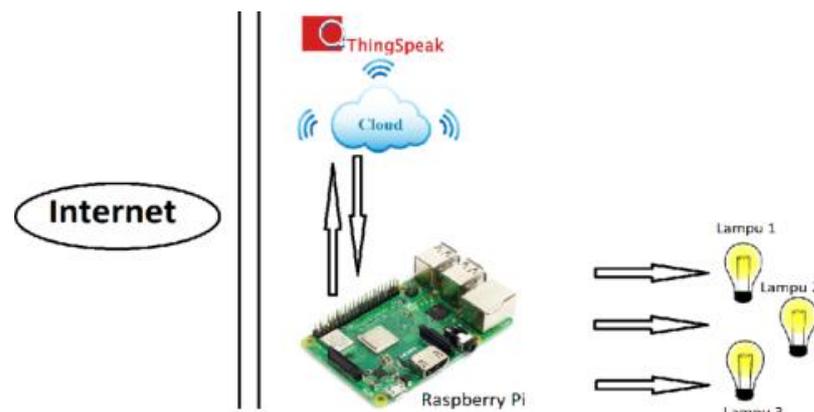
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pengendali lampu jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan Raspberry Pi sebagai pengendali utama, yang dikembangkan melalui metode *spiral*. Metode *spiral* memberikan pendekatan iteratif untuk menyempurnakan sistem pada setiap siklus, dengan fokus pada penanganan risiko dan evaluasi berkelanjutan. Berikut adalah hasil yang dicapai pada setiap tahapan dari metode *spiral* yang diterapkan.

A. Hasil Siklus Pertama: Perencanaan dan Perancangan Dasar Sistem

Pada siklus pertama, dilakukan identifikasi kebutuhan sistem dan perencanaan perangkat keras serta perangkat lunak yang dibutuhkan untuk membangun sistem pengendali lampu jarak jauh berbasis IoT. Hasil dari tahap ini adalah:

1. Spesifikasi Kebutuhan Sistem : Raspberry Pi sebagai pusat kendali, relay sebagai pengendali lampu, dan aplikasi *mobile* yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna.
2. Desain Awal : Menggambarkan arsitektur dasar sistem, di mana Raspberry Pi terhubung dengan relay yang mengendalikan lampu, sementara aplikasi *mobile* dapat mengirimkan perintah ke Raspberry Pi melalui koneksi Wi-Fi atau *internet*.
3. Alat : Raspberry Pi berperan sebagai pusat kendali sistem yang menerima perintah dari aplikasi dan mengontrol relay untuk menyalakan atau mematikan lampu. Komputer atau laptop digunakan untuk pemrograman, konfigurasi awal Raspberry Pi, serta pengembangan aplikasi *mobile* atau web sebagai antarmuka pengguna. Multimeter berfungsi untuk mengukur tegangan dan memastikan sistem kelistrikan, terutama pada relay dan komponen terkait, bekerja dengan baik. *Router* atau modem Wi-Fi diperlukan untuk menghubungkan Raspberry Pi ke *internet*, memungkinkan pengiriman perintah dari jarak jauh. Sementara itu, *smartphone* digunakan untuk menguji aplikasi *mobile* yang menjadi antarmuka pengendali lampu secara remote.
4. Bahan : Modul relay berperan sebagai saklar elektronik yang memungkinkan Raspberry Pi mengontrol nyala dan mati lampu secara jarak jauh. Lampu dan *fitting* lampu merupakan komponen utama yang dikendalikan, dengan *fitting* berfungsi sebagai tempat pemasangan lampu. Untuk menghubungkan komponen-komponen tersebut, digunakan kabel jumper yang menyambungkan Raspberry Pi dengan relay dan modul lainnya. *Power supply* menyediakan daya yang stabil untuk Raspberry Pi agar sistem dapat beroperasi dengan lancar. Dalam tahap pengembangan, breadboard digunakan sebagai platform sementara untuk merangkai dan menguji sirkuit sebelum dipasang secara permanen. Resistor dan komponen pendukung seperti transistor atau dioda digunakan untuk mengatur arus dan mendukung fungsi rangkaian. Selain itu, modul Wi-Fi eksternal diperlukan jika model Raspberry Pi yang digunakan tidak memiliki konektivitas Wi-Fi bawaan, memastikan sistem tetap terhubung ke jaringan *internet*.
5. Hasil Perancangan : Hasil perancangan prototipe sistem pengendali lampu jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan Raspberry Pi telah berhasil diselesaikan. Gambar 2 menunjukkan secara detail desain sistem yang mencakup komponen elektronik, antarmuka pengguna, dan skema koneksi antara Raspberry Pi dengan modul relay. Prototipe ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan pengendalian lampu secara *real-time* melalui jaringan *internet*, dengan antarmuka yang user-friendly dan sistem yang stabil.



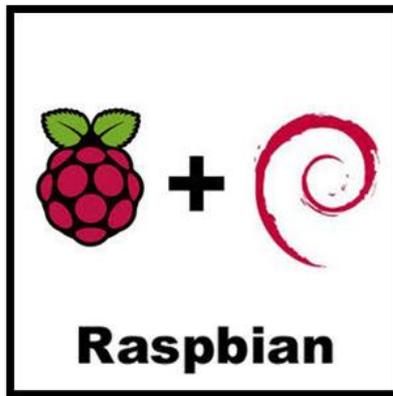
Gambar 2. Perancangan Prototipe

B. Hasil Siklus Kedua: Implementasi Prototipe dan Pengujian Awal

Pada siklus kedua, sistem mulai diimplementasikan berdasarkan desain yang telah dibuat pada siklus pertama. Proses implementasi meliputi konfigurasi Raspberry Pi dan pengembangan aplikasi *mobile* dasar yang mampu mengirimkan perintah untuk mengontrol lampu. Hasil dari tahap ini meliputi:

1. Persiapan dan Instalasi Sistem Operasi.

Tahap awal dalam pembuatan sistem pengendali lampu jarak jauh berbasis IoT ini adalah persiapan dan instalasi sistem operasi pada Raspberry Pi. Langkah pertama dimulai dengan memilih sistem operasi khusus untuk Raspberry Pi, Pada prototipe ini, instalasi sistem operasi dilakukan menggunakan alat bantu Win32DiskImager-0.9.5 untuk membuat drive berisi disk virtual pada USB atau kartu SD. Sistem operasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Raspbian Jessie Lite*, dan tampilan OS tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Raspbian Jessie Lite

2. Rangkaian Kabel ke Gpio Raspy

Dalam prototipe ini, GPIO digunakan sebagai jalur pengiriman data antara web dan perangkat yang dikembangkan oleh peneliti agar dapat diterima oleh ThingSpeak. Koneksi kabel ke GPIO dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemasangan Kabel ke GPIO

3. Konfigurasi Gpio

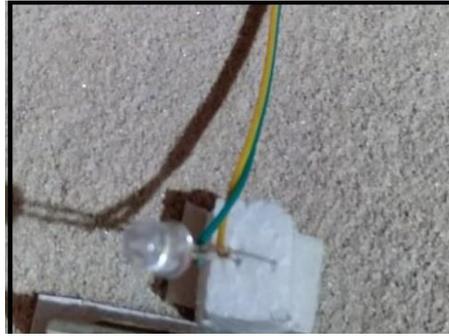
Untuk mengaktifkan GPIO (General Purpose Input/Output) sebagai bagian dari sistem kontrol, diperlukan penambahan potongan kode khusus dalam sintaks program yang telah dibuat. Kode ini berfungsi untuk menginisialisasi dan mengkonfigurasi pin GPIO yang akan digunakan.

```
import RPi.GPIO as GPIO
```

Gambar 5. Source code untuk Mengaktifkan GPIO

4. Pemasangan Layar/LCD

Dalam prototipe yang dirancang, pemasangan lampu LED menjadi bagian penting dari sistem pencahayaan. Setiap ruangan pada prototipe dilengkapi dengan 8 lampu LED yang ditempatkan secara strategis untuk memberikan penerangan yang optimal. Penempatan lampu LED ini dirancang sedemikian rupa agar dapat memenuhi kebutuhan pencahayaan di setiap ruangan.



Gambar 6. Pemasangan LED

5. Hasil Pengkodean Prototipe

Pemrograman prototipe ini terdiri dari dua bagian alat pemrograman, yaitu pada mikrokontroler Raspberry Pi menggunakan Geany, dan pada laptop menggunakan file HTML5 dengan bantuan tools Atom.

a) Server Python di Raspberry Pi

Instalasi pustaka Flask untuk membuat server web sederhana di Raspberry Pi, dan pustaka RPi.GPIO untuk mengontrol pin GPIO yang ditunjukkan pada Gambar 7.

```
File Edit Selection View ... Search
Restricted Mode is intended for safe code browsing. Trust this window to enable all features. Manage Learn More
database.php pip install flask RPi.GPIO Untitled-1
1 pip install flask RPi.GPIO
```

Gambar 7. Source Code Server Python di Raspberry Pi

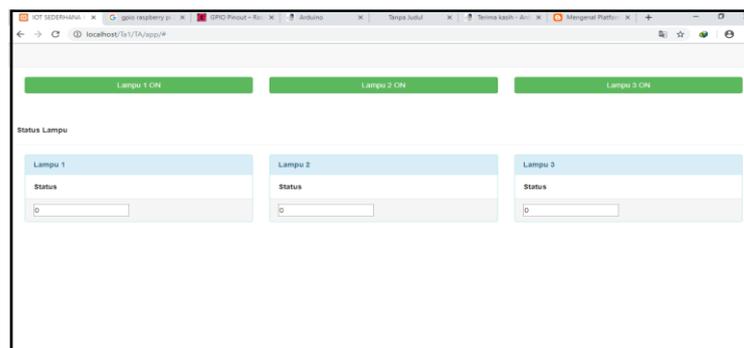
Berikut adalah kode program Python untuk membuat server Flask yang mengontrol LED di Raspberry Pi yang ditunjukkan pada Gambar 8..

```
File Edit Selection View ... Search
Restricted Mode is intended for safe code browsing. Trust this window to enable all features. Manage Learn More
database.php server.py Untitled-1
12 # Install Flask
13 app = Flask(__name__)
14
15 @app.route("/")
16 def index():
17     return render_template("index.html")
18
19 @app.route("/control_led", methods=["POST"])
20 def control_led():
21     action = request.form.get("action")
22     if action == "on":
23         GPIO.output(LED_PIN, GPIO.HIGH)
24     elif action == "off":
25         GPIO.output(LED_PIN, GPIO.LOW)
26     return "OK"
27
28 if __name__ == "__main__":
29     app.run(host="0.0.0.0", port=5000)
30
```

Gambar 8. Source Code Mengontrol LED di Raspberry Pi

b) Hasil Implementasi Awal

Berikut ini adalah hasil implementasi dari sistem pengendali lampu berbasis website yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 6. Tampilan Website yang dihasilkan

C. Siklus Ketiga: Pengujian dan Penyempurnaan Sistem

Siklus ketiga dilakukan sebagai peningkatan terhadap kinerja dan stabilitas sistem dengan melakukan pengujian awal. Pengujian pada sistem pengendalian lampu menggunakan metode *blackbox testing* Berdasarkan poin pengujian. Berikut adalah tabel hasil pengujian *Blackbox* dengan tiga kali uji per poin untuk sistem pengendali lampu jarak jauh berbasis Raspberry Pi dan IoT:

Tabel 1. Hasil Pengujian Blackbox Testing Sistem Pengendali Lampu

| No. | Aspek Pengujian | Kasus Uji | Hasil yang Diharapkan | Uji Ke-1 | Uji Ke-2 | Uji Ke-3 | Rata-Rata | Status |
|-----|---------------------------------------|---|--|----------|----------|----------|-----------|--------|
| 1 | Fungsionalitas Aplikasi <i>Mobile</i> | Aplikasi mengirim perintah kendali jarak jauh secara <i>real-time</i> | Perintah diterima oleh Raspberry Pi tanpa jeda waktu yang signifikan | 1 | 1 | 1 | 1.00 | Lulus |
| 2 | Kontrol Lampu | Perintah "Hidupkan Lampu" dikirim melalui aplikasi <i>website</i> | Lampu menyala melalui <i>relay</i> yang terhubung ke Raspberry Pi | 1 | 1 | 1 | 1.00 | Lulus |
| 3 | Kontrol Lampu | Perintah "Matikan Lampu" dikirim melalui aplikasi <i>website</i> | Lampu mati melalui <i>relay</i> yang terhubung ke Raspberry Pi | 1 | 1 | 1 | 1.00 | Lulus |
| 4 | Keandalan Sistem | Uji kecepatan respons sistem dalam menjalankan perintah | Sistem merespons perintah dalam waktu kurang dari 1 detik | 1 | 1 | 0 | 0.67 | Lulus |
| 5 | Keandalan Sistem | Uji stabilitas sistem dalam menjalankan perintah secara berulang | Sistem mampu menjalankan perintah secara konsisten tanpa gangguan | 1 | 1 | 1 | 1.00 | Lulus |

Pada Tabel 1 menjelaskan tentang hasil pengujian yang dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap kasus. Setiap pengujian menghasilkan keluaran berupa "1" yang menandakan keberhasilan, atau "0" yang menandakan kegagalan. Untuk setiap kasus, dihitung rata-rata keberhasilan dari ketiga pengujian tersebut, yang ditunjukkan pada kolom "Rata-Rata". Selanjutnya, status kelulusan pengujian ditentukan berdasarkan nilai rata-rata ini. Suatu kasus dinyatakan "Lulus" jika memiliki rata-rata keberhasilan sebesar 0.67 atau lebih. Dengan demikian, data ini memberikan gambaran mengenai tingkat keberhasilan dan kelulusan dari serangkaian pengujian yang dilakukan.

Presentase keberhasilan dihitung berdasarkan rata-rata keberhasilan dari setiap kasus pengujian. Dalam data yang diberikan, terdapat lima kasus pengujian dengan rata-rata keberhasilan masing-masing adalah 1.00, 1.00, 1.00, 0.67, dan 1.00. Untuk mendapatkan presentase keberhasilan keseluruhan, jumlah rata-rata keberhasilan dari semua kasus (4.67) dibagi dengan jumlah total kasus pengujian (5), kemudian dikalikan dengan 100%. Hasil perhitungan menunjukkan presentase keberhasilan sebesar 93%. Ini berarti, secara keseluruhan, pengujian yang dilakukan menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian *Blackbox Testing* yang telah dilakukan pada Sistem Pengendali Lampu Jarak Jauh Menggunakan Metode Pengembangan Sistem *Spiral* Berbasis *Internet of Things* (IoT), disimpulkan bahwa sistem ini berhasil memenuhi tujuan fungsionalitas dan keandalan yang diharapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi *mobile* mampu mengirimkan perintah kendali jarak jauh secara *real-time* dengan tingkat keberhasilan rata-rata sebesar 93%, yang menandakan konsistensi tinggi dalam pengiriman dan penerimaan perintah oleh Raspberry Pi tanpa jeda yang signifikan. Sistem juga menunjukkan efektivitas dalam kontrol lampu, di mana perintah menyalakan dan mematikan lampu berhasil dieksekusi dengan baik melalui *relay* yang terhubung, sehingga pengendalian lampu dapat dilakukan sesuai dengan instruksi dari aplikasi *mobile*. Dari segi keandalan, sistem ini menunjukkan respons yang cepat dan stabil dalam menerima perintah dari jarak jauh, bahkan dalam pengujian berulang. Meskipun ada sedikit jeda pada salah satu uji kecepatan respons, hal ini tidak mengganggu kinerja keseluruhan, dan sistem tetap memenuhi standar yang diperlukan untuk pengendalian jarak jauh. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa sistem pengendali lampu berbasis IoT yang dikembangkan dengan metode *spiral* ini memiliki performa yang baik dan dapat diimplementasikan dalam skala lebih luas. Dengan potensi adaptasi untuk kontrol perangkat lain, sistem ini siap digunakan dalam berbagai skenario otomatisasi rumah maupun industri.

Untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini, beberapa arah *future work* dapat dilakukan untuk meningkatkan performa dan fungsionalitas sistem pengendali lampu jarak jauh berbasis IoT. Pertama, integrasi dengan sensor tambahan, seperti sensor gerak atau sensor cahaya, memungkinkan sistem untuk menyalakan atau mematikan lampu secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan, sehingga meningkatkan efisiensi energi dan memperluas penggunaan dalam otomatisasi rumah maupun industri. Kedua, integrasi dengan platform cloud yang mendukung IoT, seperti AWS IoT atau Google Cloud IoT, akan memungkinkan penyimpanan data yang lebih baik dan memberikan kemudahan dalam analisis performa serta pemeliharaan sistem secara remote, sehingga pengguna dapat mengendalikan perangkat dengan lebih aman dan fleksibel. Selain itu, pengembangan antarmuka pengguna aplikasi *mobile* menjadi lebih interaktif, dengan fitur-fitur tambahan seperti notifikasi status lampu, kontrol perangkat berbasis grup, dan pengaturan otomatisasi berbasis jadwal, akan memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik. Selanjutnya, aspek keamanan sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan mekanisme autentikasi pengguna dan enkripsi data, terutama karena keamanan menjadi aspek krusial dalam perangkat IoT, terlebih jika diterapkan pada skala besar seperti di perkantoran atau fasilitas industri. Terakhir, menguji dan memvalidasi sistem dalam berbagai skenario lingkungan dan kondisi jaringan, termasuk area dengan sinyal *internet* rendah atau interferensi tinggi, penting untuk memastikan keandalan sistem dalam kondisi nyata. Pengembangan-

pengembangan ini diharapkan dapat menjadikan sistem pengendali lampu berbasis IoT ini solusi yang lebih efektif dan praktis dalam berbagai aplikasi otomatisasi di masa depan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alfonsius, E., Kalengkongan, W., & Ngangi, S. C. W. (2024). Sistem Monitoring Dan Kontroling Prototype Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Iot (Internet of Things). *Jurnal Teknoinfo*, 18(1), 44–55. <https://ejournal.teknokrat.ac.id/index.php/teknoinfo/index>
- Arismunandar, W., Alamsyah, M., Ardiansyah, S., & Kom, M. (2023). Perancangan Aplikasi Monitoring Dan Kontrol Smarthome Berbasis IoT Terintegrasi Dengan Bot Telegram Sebagai Notifikasi. *Jurnal Dipanegara Komputer Teknik Informatika (DIPAKOMTI)*, 16(1), 134–144. <https://ejournal.dipanegara.ac.id/index.php/dipakomti/article/view/1382/1025>
- Dinata, A., & Sutabri, T. (2023). Perancangan Sistem Rekayasa Internet pada Implementasi Smarthome Berbasis IoT. *Journal of Computer and Information Systems Ampera*, 4(3), 2775–2496. <https://doi.org/10.51519/journalcisa.v4i3.415>
- Endra, R. Y., Cucus, A., Affandi, F. N., & Hermawan, D. (2019). Implementasi Sistem Kontrol Berbasis Web Pada Smart Room Dengan Menggunakan Konsep Internet of Things. *Implementasi Sistem Kontrol Berbasis Web*, 10(2), 98–106. <http://dx.doi.org/10.36448/jsit.v10i2.1316>
- Faruqi, U. Al. (2019). Survey Paper : Future Service in Industry 5.0. *Indonesian Journal Of Educational Research and Review*, 2(1), 438–448. <https://doi.org/10.23887/ijerr.v5i3.56423>
- Jolles, J. W. (2021). Broad-scale applications of the Raspberry Pi: A review and guide for biologists. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(9), 1562–1579. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13652>
- Kurniawan, Y., & Sri Pudjiarti, E. (2024). Mengurangi Jejak Sejarah Revolusi Industri 4.0: Dari Konsep Hingga Realisasi. *Transformasi: Journal of Economics and Business Management*, 3(1), 178–192. <https://doi.org/10.56444/transformasi.v3i1.1663>
- Kusumo, H., Rakasiwi, S., & Febryantahanuji. (2022). Attendance Management system using RFID Technology. *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.26877/asset.v4i1.11678>
- Mulyanto, Y., Karisma, Y., & Maharani, U. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Perkembangan Anak Di Tkit Taamasa Menggunakan Metode Spiral. *Jurnal Informatika, Teknologi Dan Sains*, 2(3), 190–195. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v2i3.754>
- Saputra, E. P., Ginanjar, S., Kusumo, A. T., Saryoko, A., Studi, P., Informasi, T., Bina, U., Informatika, S., Informatika, P. S., Mandiri, U. N., Kwitang, K., & Pusat, J. (2024). Monitoring Tekanan Udara Berbasis Internet of Things Menggunakan Thingsboard untuk Kontrol Ruangan. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Mahasiswa Informatika (JRAMI)*, 05(04), 869–876. <https://doi.org/10.30998/jrami.v5i4.10973>
- Sawitri, D. (2023). Internet Of Things Memasuki Era Society 5.0. *KITEKTRO: Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 8 No. 1(1), 31–35. <https://doi.org/10.24815/kitektro.v8i1.28578>
- Visayas, Cakra, & Supit, Y. (2024). Sistem Kontrol Alat Elektronik Dalam Rumah Berbasis Internet of Things (IoT). *Simtek: Jurnal Sistem Informasi Dan Teknik Komputer*, 9(2), 249–261. <https://ejournal.caturakti.ac.id/index.php/simtek/article/view/1163>
- Wahyuni, S., & Cahyani, N. (2020). Penerapan Model Spiral Dalam Pengembangan Sistem Informasi Penjadwalan Produksi Berbasis Website (Studi Kasus: PT. Dinar Makmur Cikarang). *Informatics and Digital Expert (INDEX)*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.36423/ide.v2i1.425>
- Yulanda, E. A. (2023). Rancang Bangun Inkubator Telur Berbasis IoT Dengan Sumber Daya Listrik Dari Panel Surya. *OKTAL: Jurnal Ilmu Komputer Dan Sains*, 2(08), 2203–2213. <https://doi.org/10.12962/J24604682.V16I1.577>
- Yulistina, S. R., Nurmala, T., Supriawan, R. M. A. T., Juni, S. H. I., & Saifudin, A. (2020). Penerapan Teknik Boundary Value Analysis untuk Pengujian Aplikasi Penjualan Menggunakan Metode Black Box Testing. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 5(2), 129. <https://doi.org/10.32493/informatika.v5i2.5366>
- Yusuf, M., & Sodik, M. (2023). Penggunaan Teknologi Internet of Things (Iot) Dalam Pengelolaan Fasilitas Dan Infrastruktur Lembaga Pendidikan Islam. *PROPHETIK Jurnal Kajian Keislaman*, 1(2), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.26533/prophetik.v1i2.3233>