

Rancang Bangun Sistem Kendali Sakelar Tunggal Berbasis Sensor Suara FC-04, Sensor PIR, dan Platform IoT Blynk dengan Mikrokontroler ESP32

Alif Tirana Aji^{1*}, Erik Agustian Yulanda²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Indonesia

e-mail: alip Tirana Aji21@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini merancang system saklar lampu otomatis berbasis IoT dengan sensor suara dan PIR tanpa mengubah instalasi listrik, cocok untuk rumah sewa atau hotel. Sensor suara FC-04 mendeteksi tepukan (3 kali ON, 4 kali OFF), sementara PIR mendeteksi gerakan. Lampu mati otomatis setelah 30 menit tanpa gerakan. IoT melalui Blynk memungkinkan kendali jarak jauh. Pengujian menunjukkan sensor berfungsi optimal hingga 4 meter, dan kontrol via Blynk responsif. Konsumsi daya 2089,4 mAh per hari memungkinkan perangkat bertahan 1,05 hari dengan baterai 2200 mAh. Penelitian ini menawarkan solusi hemat energi dan praktis tanpa modifikasi instalasi listrik, berkontribusi pada inovasi IoT.

Kata Kunci: *IoT, Saklar Lampu Otomatis, Sensor Suara FC-04, Sensor PIR, Blynk, Hemat Energi, Kendali Jarak Jauh, Inovasi IoT*

Design and Construction of a Single Switch Control System Based on FC-04 Sound Sensor, PIR Sensor, and Blynk IoT Platform with ESP32 Microcontroller

ABSTRACT

This study designs an IoT-based automatic light switch system using a sound sensor and PIR without modifying the existing electrical installation, making it suitable for rental houses or hotels. The FC-04 sound sensor detects claps (3 for ON, 4 for OFF), while the PIR sensor detects movement, and the light turns off automatically after 30 minutes of inactivity. IoT integration via Blynk enables remote control. Testing shows the sensors work optimally up to 4 meters, with responsive control. The system consumes 2089.4 mAh per day, allowing it to last 1.05 days on a 2200 mAh battery. This system provides an energy-efficient and practical solution without electrical modifications, contributing to IoT innovation

Keywords: *IoT, Automatic Light Switch, FC-04 Sound Sensor, PIR Sensor, Blynk, Energy Efficiency, Remote Control, IoT Innovation*

I. PENDAHULUAN

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) semakin berkembang pesat dan telah menciptakan transformasi signifikan dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Salah satu aplikasi yang dapat dioptimalkan melalui IoT adalah pengelolaan penerangan ruangan. Pada umumnya, penerangan ruangan masih mengandalkan penggunaan saklar manual, yang tidak selalu efisien dan dapat menyebabkan pemborosan energi.

Teknologi yang sudah ada yaitu lampu otomatis [1] dan *switch* lampu otomatis [2], memiliki kekurangan yaitu tidak semua orang bisa memasangnya dan pada tempat tertentu seperti hotel atau rumah sewa karena terdapat peraturan tidak boleh merubah instalasi penerangan yang sudah tersedia. Pengembangan sistem penekan saklar tunggal lampu otomatis menjadi sebuah solusi yang potensial. Sistem ini dapat memudahkan semua orang untuk menggunakannya dan tidak perlu

merubah instalasi penerangan yang sudah tersedia serta meningkatkan efisiensi penggunaan energi dengan mengoptimalkan penggunaan lampu.

Penggunaan sensor suara dan sensor PIR dalam suatu sistem kendali saklar tunggal lampu otomatis juga menawarkan keunggulan tambahan. Sensor suara memungkinkan sistem merespons perintah suara untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sakelar dengan perintah 3 tepukan untuk mengaktifkan sakelar dan 4 tepukan untuk mematikan sakelar, sementara sensor PIR dapat mendeteksi gerakan manusia dalam ruangan untuk mengaktifkan sakelar dan ketika tidak mendeteksi gerakan selama lebih dari 30 menit untuk mematikan sakelar. Integrasi kedua jenis sensor ini diharapkan dapat memberikan keseimbangan yang optimal antara kenyamanan pengguna dan penghematan energi. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, diharapkan sistem ini dapat diakses dan dapat dikontrol melalui jarak jauh dengan ponsel yang memanfaatkan aplikasi blynk.

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti mengangkat tema judul skripsi tentang “Rancang Bangun Sistem Kendali Sakelar Tunggal Berbasis Sensor Suara FC-04, Sensor PIR, dan Platform IoT Blynk dengan Mikrokontroler ESP32”.

Penelitian Terdahulu

Rizki et al pada tahun 2022 meneliti “Rancang Bangun Lampu Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya Berbasis Arduino di Polres Pematang Siantar”. Penelitian ini bertujuan mengembangkan lampu otomatis berbasis sensor cahaya dengan Arduino untuk mengoptimalkan konsumsi listrik melalui pengaturan nyala-mati lampu berdasarkan intensitas cahaya. Sistem menggunakan sensor cahaya untuk mendeteksi cahaya sekitar dan relay sebagai saklar. Saat siang cerah, lampu mati otomatis; jika mendung atau redup, lampu tetap menyala. Pada malam hari, lampu menyala otomatis hingga cahaya cukup kembali. Alat ini dinilai cocok untuk lingkungan seperti Polres Pematang Siantar karena mendukung efisiensi energi dan kenyamanan [1].

Bakhtiar dan Suherman pada tahun 2015 meneliti “Realisasi Sistem Switch Lampu Penerangan Ruangan Otomatis Untuk Meningkatkan Efisiensi Energi Listrik”. Penelitian ini merancang sistem fitting ekstensi otomatis menggunakan sensor PIR agar lampu menyala dan mati berdasarkan keberadaan manusia di ruangan. Penelitian juga membandingkan efisiensi daya antara lampu otomatis rancangan mereka dan lampu sensor gerak di pasaran. Sistem dirancang dalam dua konfigurasi: sensor PIR dengan pewaktu IC555 dan sensor PIR dengan mikrokontroler Atmega 8 SMD. Hasilnya, sistem IC555 lebih efisien 79,26% dan sistem Atmega 8 sebesar 60,39% dibandingkan produk pasaran. Alat ini dinilai efektif sebagai solusi hemat energi bagi masyarakat [2].

Hendri Satriadi pada tahun 2021 meneliti “Perancangan Alat Kendali Lampu Menggunakan Sensor Suara FC-04 Berbasis Arduino Uno”. Penelitian ini merancang sistem otomatisasi lampu menggunakan sensor suara FC-04 dan sensor cahaya LDR, yang memungkinkan lampu dikendalikan hanya dengan tepukan tangan. Sensor suara mendeteksi tepukan dan mengirimkan data analog ke Arduino UNO, yang kemudian mengonversinya menjadi sinyal digital untuk mengaktifkan relay. Sensor LDR memastikan lampu hanya menyala saat kondisi ruangan gelap. Jarak tepukan memengaruhi sensitivitas alat, di mana tepukan lebih dekat menghasilkan respons lebih baik. Sistem ini dinilai praktis dan efisien untuk penggunaan sehari-hari [3].

Internet of Things (IoT)

Secara harfiah, *Internet of Things* (IoT) berarti "Internet untuk Segalanya". CASAGRAS menggambarkan sebagai jaringan global yang menghubungkan objek fisik dan virtual melalui pengumpulan data dan komunikasi. IEEE mendefinisikan IoT sebagai jaringan perangkat bersensor yang terhubung ke internet. Techopedia menyebutnya sebagai konsep komputasi masa depan, di mana objek fisik dapat terhubung dan saling mengenali. Techtarget menambahkan

bahwa IoT memungkinkan benda, hewan, atau individu memiliki identitas unik dan mentransfer data tanpa interaksi langsung manusia [4].

Blynk

Blynk adalah aplikasi untuk perangkat iOS dan Android yang memungkinkan pengguna mengendalikan modul seperti Arduino, Raspberry Pi, dan Wemos melalui internet. Aplikasi ini memiliki antarmuka sederhana dan ramah bagi pemula, dengan fitur drag and drop yang memungkinkan pembuatan proyek dalam waktu kurang dari lima menit. Blynk tidak terbatas pada jenis modul tertentu, sehingga dapat digunakan untuk mengontrol berbagai perangkat secara jarak jauh, sejalan dengan konsep IoT (*Internet of Things*) [5].

Instalasi Listrik

Instalasi listrik adalah sistem saluran dan perangkat yang terpasang di dalam atau luar bangunan untuk menyalurkan arus listrik. Instalasi ini juga mencakup metode pemasangan saluran listrik yang mengalirkan energi ke peralatan di area penggunaan konsumen [6].

Saklar

Saklar adalah perangkat dengan dua posisi: "on" untuk mengalirkan arus listrik dan "off" untuk memutusnya. Saklar lampu biasanya dipasang di berbagai sudut ruangan dalam rumah atau bangunan lain, dengan fungsi serupa namun jenis yang beragam [7].

NodeMCU ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah chip SoC yang dilengkapi WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2, dan berbagai peripheral. Chip ini mencakup prosesor, penyimpanan, serta akses GPIO, dan dapat menggantikan Arduino dengan kemampuan koneksi langsung ke Wi-Fi. Terdapat dua versi board: 30 GPIO dan 36 GPIO, dengan fungsi serupa, namun versi 36 GPIO lebih disukai karena memiliki dua pin GND. Semua pin diberi label untuk memudahkan identifikasi. Board ini memiliki antarmuka USB to UART untuk pemrograman melalui Arduino IDE, dan sumber daya disalurkan via konektor micro-USB [8].

Motor Servo

Motor servo adalah motor yang bisa berputar dua arah dengan sistem umpan balik tertutup, mengirim posisi kembali ke rangkaian kontrol. Motor ini terdiri dari motor, gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Biasanya bergerak hanya sampai sudut tertentu, namun bisa dimodifikasi untuk putaran kontinu. Spesifikasinya meliputi tiga kabel: power, ground, dan control; sinyal kontrol mengatur posisi motor melalui pulsa berdurasi 20 ms [9].

Sensor Passive Infrared Receiver (PIR)

PIR (*Passive Infrared Receiver*) adalah sensor inframerah yang mendeteksi energi panas dari benda bersuhu di atas nol absolut. Komponennya meliputi Fresnel Lens, IR Filter, pyroelectric sensor, amplifier, dan comparator. Pyroelectric sensor terbuat dari bahan seperti galium nitrida atau litium tantalite menangkap sinar inframerah pasif dan menghasilkan arus listrik saat mendeteksi perubahan suhu, misalnya dari tubuh manusia. Arus ini diperkuat oleh amplifier dan dibandingkan oleh comparator untuk menghasilkan output [10].

Sensor Suara FC-04

Sensor suara FC-04 dirancang untuk mendeteksi suara. Gelombang suara menggerakkan membran dengan kumparan kecil, lalu diproses oleh chipset LM393 yang menghasilkan sinyal biner (*high* dan *low*). Sensitivitas sensor dapat diatur melalui potensiometer sesuai kebutuhan [11].

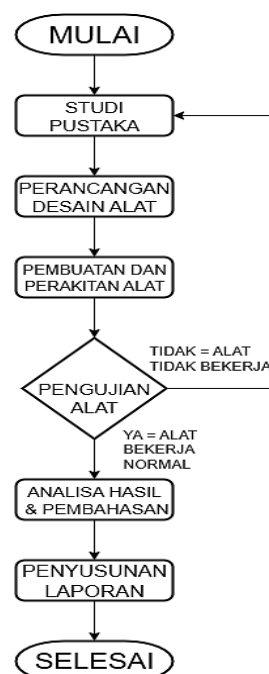
Baterai Lithium

Baterai lithium-ion adalah baterai sekunder (isi ulang) yang ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan berbahaya seperti Ni-Cd atau Ni-MH. Keunggulannya meliputi penyimpanan energi yang stabil hingga 10 tahun, densitas energi tinggi, bebas efek memori, dan bobot ringan. Dengan berat yang sama, baterai ini mampu menghasilkan energi dua kali lebih besar dibanding jenis lainnya [12].

Modul Charger

Modul pengisi daya baterai lithium dirancang untuk mengisi baterai lithium-ion dengan input tegangan 4,5–5,5 volt DC. Terdapat dua jenis input: micro-USB yang bisa dihubungkan ke charger ponsel dan input dari panel surya yang telah melalui regulator. Terminal B+ dan B- digunakan untuk baterai, sementara OUT+ dan OUT- untuk perangkat seperti lampu, mainan, atau ponsel [13].

II. METODE PENELITIAN

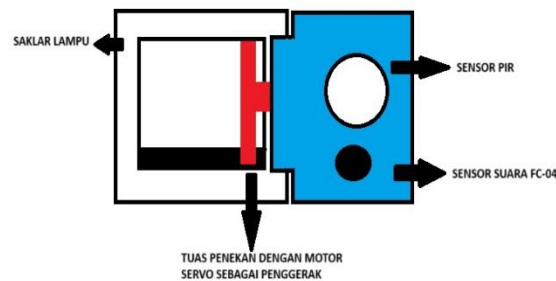


Gambar 1. *Flowchart Penelitian*

Metodologi penelitian ini disusun secara sistematis untuk menjawab permasalahan pada sistem kontrol penerangan konvensional, khususnya terkait efisiensi energi dan kemudahan pemasangan. Penelitian diawali dengan observasi untuk mengumpulkan informasi mengenai teknologi IoT, sensor suara FC-04, sensor PIR, platform Blynk, serta sistem penerangan yang umum digunakan, termasuk kendala seperti keterbatasan modifikasi instalasi di hotel atau rumah

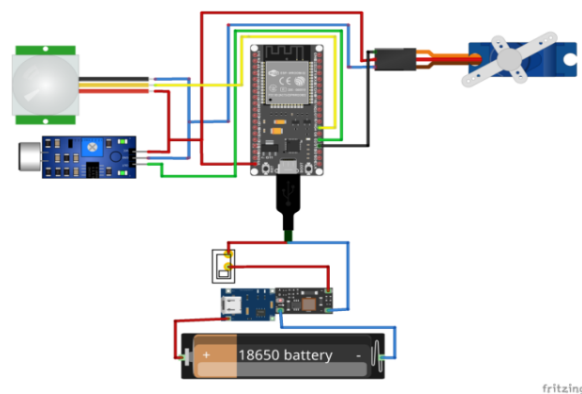
sewa. Studi pustaka dilakukan dengan meninjau referensi ilmiah dari jurnal, buku, dan sumber terpercaya untuk memperoleh landasan teoritis dan membandingkan teknologi sejenis.

Tahap berikutnya adalah perancangan alat, mencakup perangkat keras dan lunak. Perangkat keras dirancang dengan membuat desain sistem kendali sakelar tunggal berbasis sensor suara FC-04, sensor PIR, dan platform IoT Blynk dengan mikrokontroler ESP32. Alat ini ditempel di samping sakelar menggunakan double tape, dengan sensor suara untuk mendeteksi tepukan, sensor PIR untuk mendeteksi keberadaan objek, dan motor servo sebagai penggerak tuas penekan sakelar.



Gambar 2. Desain Alat

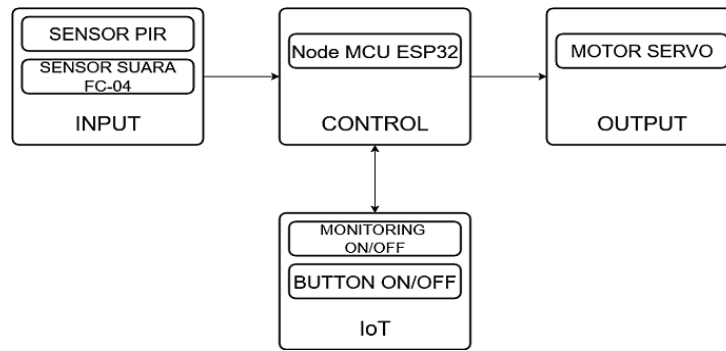
Selanjutnya buat wiring diagram untuk memberikan panduan visual dalam menghubungkan komponen elektronik secara tepat, sehingga mempermudah perakitan, mencegah kesalahan sambungan, dan memastikan sistem bekerja sesuai dengan rancangan.



Gambar 3. Wiring Diagram Alat

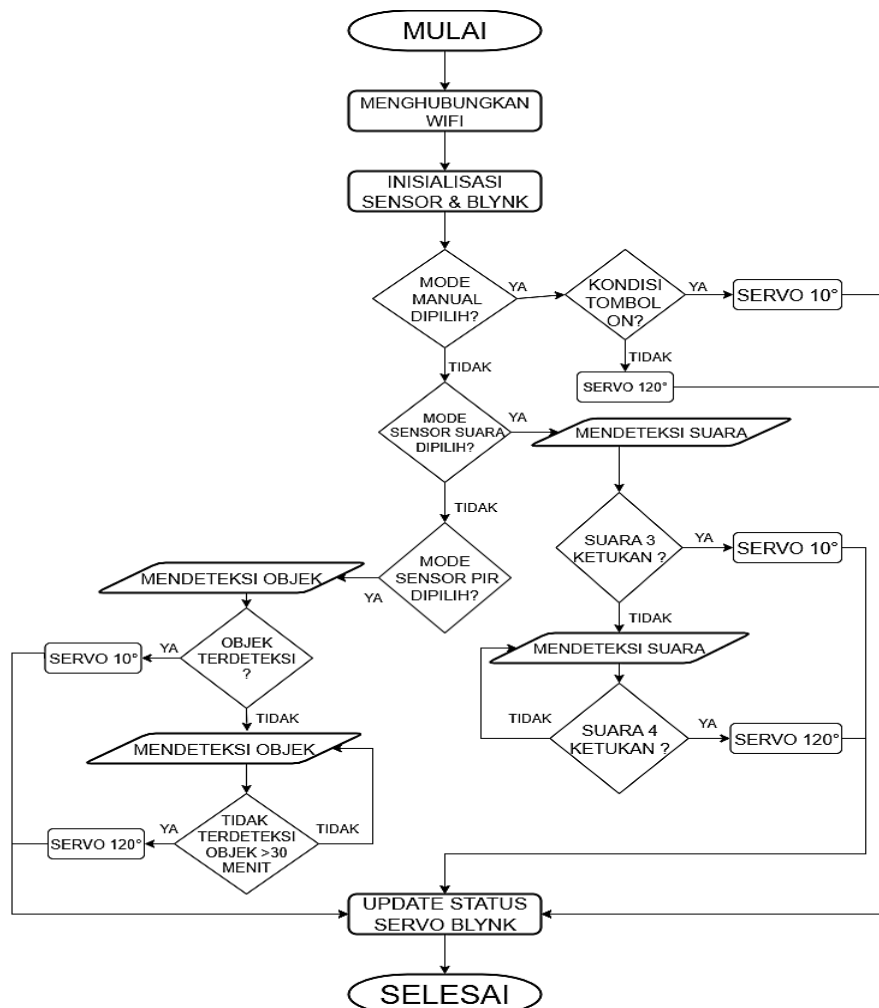
Gambar 3 menunjukkan wiring diagram ESP32 yang menggunakan baterai 18650 berkapasitas 2200 mAh sebagai sumber daya, dilengkapi sakelar pemutus/penghubung, sensor PIR dan sensor suara FC-04 sebagai input, serta motor servo sebagai output. Sensor PIR mendeteksi gerakan dan FC-04 merespon suara tepukan. Kedua sensor mengirim sinyal ke ESP32, yang kemudian menggerakkan servo sebagai tuas pengendali sakelar saat gerakan atau suara terdeteksi.

Perancangan perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE dan aplikasi Blynk. Untuk mempermudah proses ini, maka dibuat blok diagram sebagai berikut:



Gambar 4. Blok Diagram Alat

Flowchart sistem kerja alat untuk menggambarkan alur logika dan proses kerja alat secara sistematis dan mudah dipahami, sehingga mempermudah dalam perancangan, pemrograman, dan analisis. Berikut flowchart sistem kerja alat.



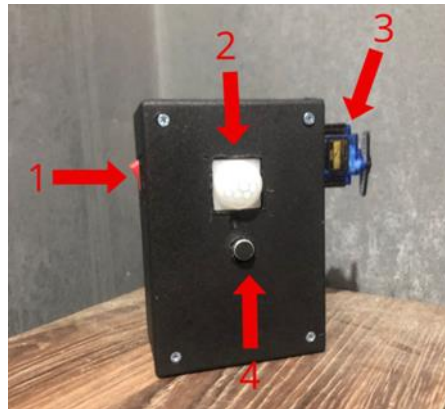
Gambar 5. Flowchart Sistem Kerja Alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan alat dan pengambilan data hasil pengujian “Sistem Kendali Sakelar Tunggal Berbasis Sensor Suara FC-04, Sensor PIR, dan Platform IoT Blynk dengan Mikrokontroler ESP32” dilakukan dengan tujuan mengetahui kinerja dari masing-masing sistem rangkaian dan alat secara menyeluruh. Data yang didapatkan diharapkan berupa data valid, sehingga alat dapat bekerja sesuai fungsinya.

Desain dan Implementasi Sistem

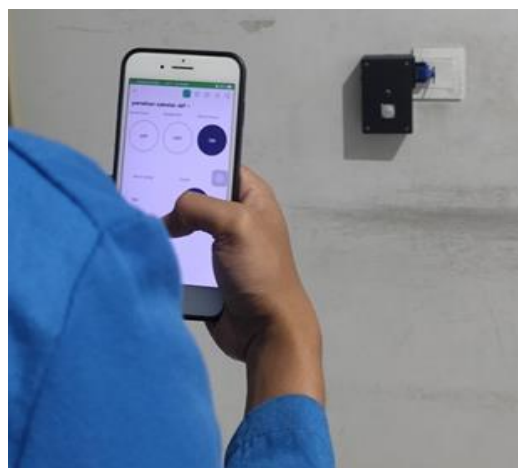
Berikut adalah gambar keseluruhan Sistem Kendali Sakelar Tunggal Berbasis Sensor Suara FC-04, Sensor PIR, dan Platform IoT Blynk dengan Mikrokontroler ESP32 yang sudah dirangkai.



Gambar 6. Hardware Alat

Keterangan:

1. Tombol *power* berfungsi sebagai saklar *on/off* alat
2. Sensor *pir* sebagai pendeteksi gerakan makhluk hidup sebagai *input*
3. Sensor suara *fc-04* sebagai pendeteksi suara tepuk tangan sebagai *input*
4. Servo sebagai tuas kendali sakelar sebagai *output*.



Gambar 7. Implementasi Alat

Perancangan IoT pada Aplikasi Blynk

ID	Name	Alias	Color	Pin	Data Type	Units	Is Raw
1	SENSOR SUARA	SENSOR SUARA	Blue	V0	Integer		false
2	SENSOR PIR	SENSOR PIR	Brown	V1	Integer		false
3	MANUAL SWITCH	MANUAL SWITCH	Yellow	V2	Integer		false
4	SAKELAR	SAKELAR	Yellow	V3	String		false
5	KONTROL SWITCH MANUAL	KONTROL SWITCH MANUAL	Light Green	V4	Integer		false

Gambar 8. Datastreams pada Blynk

Gambar 8 menunjukkan datastreams bertipe integer yang digunakan untuk mengontrol sensor dan perangkat melalui Virtual Pin: V0 untuk mengaktifkan/menonaktifkan sensor suara, V1 untuk sensor PIR, V2 untuk menggerakkan servo secara manual ke posisi ON (10°) atau OFF (120°), dan V4 untuk mengaktifkan/menonaktifkan kontrol manual pada V2. Virtual Pin V3 bertipe string digunakan untuk mengirim status servo (ON/OFF) ke aplikasi Blynk secara *real-time*. Selanjutnya, ditampilkan antarmuka kontrol Blynk pada ponsel seperti berikut.



Gambar 9. Tampilan Kontrol Blynk pada Ponsel

Pengujian Sensor Suara FC-04

Tujuan pengujian sensor suara FC-04 adalah memastikan sensor dapat mendeteksi tepukan pada jarak tertentu dan mengirim instruksi yang tepat ke servo untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sakelar sesuai jumlah tepukan. Pengujian ini juga bertujuan mengetahui batas efektif deteksi suara agar sistem tetap responsif dalam kondisi yang diharapkan.

Pengujian sensor suara FC-04 dilakukan pada berbagai jarak dan jumlah tepukan untuk memastikan respons sistem. Pada jarak 1–4 meter, tiga tepukan membuat servo bergerak ke sudut 10° (posisi ON), sementara empat tepukan menggerakkan servo ke 120° (posisi OFF), menunjukkan sistem berfungsi dengan baik. Namun, pada jarak 5–6 meter, sensor gagal mendeteksi suara, sehingga servo tidak bergerak, menandakan penurunan kinerja sensor di atas jarak 4 meter.

Pengujian Sensor PIR

Tujuan pengujian sensor PIR adalah memastikan sensor mampu mendeteksi objek pada jarak tertentu dan mengirim instruksi yang tepat ke servo untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sakelar sesuai hasil deteksi.

Pengujian sensor PIR dilakukan untuk mengevaluasi respons sistem terhadap keberadaan objek pada berbagai jarak. Pada jarak 1–4 meter, sensor berhasil mendeteksi objek dan menginstruksikan servo bergerak ke sudut 10° (posisi ON), menunjukkan sistem bekerja dengan baik. Namun, pada jarak 5–6 meter, sensor tidak mendeteksi objek selama 30 menit, sehingga servo bergerak ke sudut 120° (posisi OFF). Hasil ini sesuai harapan, karena sistem hanya mengaktifkan sakelar saat objek terdeteksi dalam jarak yang ditentukan.

Pengujian Kontrol pada Aplikasi Blynk IoT

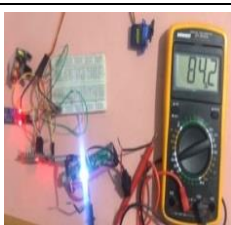
Tujuan pengujian kontrol Blynk adalah memastikan sistem merespons perintah dari aplikasi secara akurat dan andal. Pengujian ini juga memverifikasi bahwa perintah dapat dikirim tanpa jeda, sehingga sistem bekerja sinkron dalam kondisi nyata.

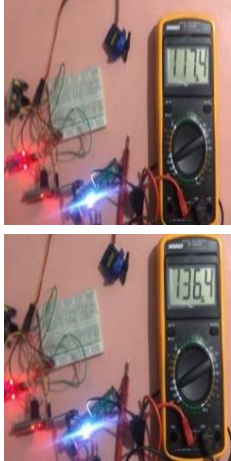
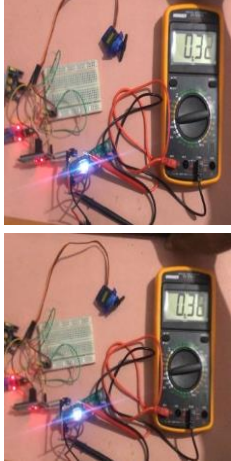
Pengujian sistem kontrol berbasis aplikasi Blynk dilakukan melalui berbagai skenario. Kontrol manual dilakukan melalui virtual pin untuk mengatur sakelar. Saat posisi ON, aplikasi dapat menginstruksikan servo menekan sakelar ke sudut 10° (menyala); saat OFF, servo bergerak ke sudut 120° (mati), dan kontrol aplikasi tidak aktif. Sensor PIR dan suara dapat diaktifkan atau dinonaktifkan sesuai kebutuhan. Dalam posisi ON, sensor mendeteksi gerakan atau suara dan mengirimkan sinyal ke sistem. Saat OFF, sensor tidak berfungsi. Status sakelar diperbarui otomatis melalui virtual pin, memungkinkan pengguna memantau dan mengontrol sistem secara *real-time*.

Analisa Kebutuhan Daya pada Sistem

Analisis kebutuhan daya bertujuan untuk mengetahui konsumsi energi tiap komponen dalam siklus kerja, sehingga durasi operasi sistem dapat diestimasi secara akurat berdasarkan kapasitas baterai yang digunakan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kebutuhan Daya pada Sistem

Kondisi	Arus (Ma)	Estimasi Pemakaian dalam 24 Jam	Dokumentasi Pengukuran
Pencarian koneksi	142.9	1 Menit Dalam jam= $60/3600 = 0,0167$ jam	
Standby	84	24 Jam	

Kondisi	Arus (Ma)	Estimasi Pemakaian dalam 24 Jam	Dokumentasi Pengukuran
Sensor PIR mendeteksi objek	145 rata-rata	12 kali per jam, masing-masing deteksi 5 detik Durasi total= $12 \text{ kali/jam} \times 24 \text{ jam} \times 5 \text{ detik}$ $= 1440 \text{ detik}$ Dalam jam= $1440/3600 = 0,4 \text{ jam}$	
Sensor suara mendeteksi tepukan	126.5 rata-rata	12 kali per jam, masing-masing deteksi 5 detik Durasi total= $12 \text{ kali/jam} \times 24 \text{ jam} \times 5 \text{ detik}$ $= 1440 \text{ detik}$ Dalam jam= $1440/3600 = 0,4 \text{ jam}$	
Servo bergerak	350 rata-rata	2 kali per jam, masing-masing pergerakan 1 detik Durasi total = $2 \text{ kali/jam} \times 24 \text{ jam} \times 1 \text{ detik} = 48 \text{ detik}$ Dalam jam= $48/3600 = 0,013 \text{ jam}$	

Sistem ini memiliki beberapa kondisi operasi dengan konsumsi arus berbeda. Saat mencari Wi-Fi, arus sebesar 142,9 mA dikonsumsi selama 1 menit. Dalam mode standby, sistem menggunakan 84 mA selama 24 jam. Sensor PIR aktif 12 kali per jam, masing-masing 5 detik, dengan rata-rata arus 145 mA dan total waktu aktif 0,4 jam per hari. Sensor suara aktif 2 kali per jam selama 5 detik, dengan rata-rata arus 126,5 mA dan total 0,067 jam per hari. Servo bergerak

2 kali per jam selama 1 detik, mengonsumsi rata-rata 350 mA, dengan total waktu aktif 0,013 jam per hari.

Perhitungan Konsumsi Energi

1. Saat koneksi awal
 $E_{koneksi} = 142,9 \text{ mA} \times 0,0167 \text{ jam} = 2,38 \text{ mAh}$
2. Saat standby
 $E_{standby} = 84 \text{ mA} \times 24 \text{ jam} = 2016 \text{ mAh}$
3. Deteksi sensor PIR
 $E_{PIR} = 145 \text{ mA} \times 0,4 \text{ jam} = 58,0 \text{ mAh}$
4. Deteksi sensor suara
 $E_{suara} = 126,5 \text{ mA} \times 0,067 \text{ jam} = 8,48 \text{ mAh}$
5. Servo bergerak
 $E_{servo} = 350 \text{ mA} \times 0,013 \text{ jam} = 4,55 \text{ mAh}$

Total Konsumsi Energi

Jumlahkan seluruh konsumsi energi:

$$E_{total} = E_{koneksi} + E_{standby} + E_{PIR} + E_{suara} + E_{servo}$$

$$E_{total} = 2,38 + 2016 + 58,0 + 8,48 + 4,55 = 2089,4 \text{ mAh}$$

Jadi total konsumsi energi per 24jam adalah 2089,4 mAh.

Analisa Waktu Pengisian Daya

Perhitungan Waktu Pengisian Daya

Rumus waktu pengisian daya:

$$\frac{\text{Kapasitas baterai (mAh)}}{\text{Arus Pengisian efektif (mA)}} \times \text{Faktor keamanan} = \text{Waktu pengisian (jam)}$$

Faktor keamanan memperhitungkan efisiensi pengisian dan toleransi (~1.2 untuk baterai Li-Ion).

1. Jika Arus Pengisian = 1 A (1000 mA)
Efisiensi modul: 85%
 $\text{Arus efektif} = 1000 \text{ mA} \times 0.85 = 850 \text{ mA}$
 $\text{Waktu pengisian} = \frac{2200}{850} \times 1,2 = 3,1 \text{ jam}$
Jadi waktu pengisian daya baterai hingga full jika menggunakan charger dengan arus 1A adalah 3,1 jam.
2. Jika Arus Pengisian = 0.5 A (500 mA)
Efisiensi modul: 85%
 $\text{Arus efektif} = 500 \text{ mA} \times 0.85 = 425 \text{ mA}$
 $\text{Waktu pengisian} = \frac{2200}{425} \times 1,2 = 6,2 \text{ jam}$
Jadi waktu pengisian daya baterai hingga full jika menggunakan charger dengan arus 0,5A adalah 3,2 jam.

Analisa Lama Sistem Bertahan Dengan daya yang Tersedia

$$\frac{\text{Kapasitas baterai (mAh)}}{\text{Konsumsi per jam (mAh)}} = \text{Waktu Operasi (jam)}$$

$$\text{Konsumsi per jam} = \frac{2089,4}{24} = 87,06 \text{ mAh/jam}$$

$$\text{Waktu operasi (jam)} = \frac{2200}{87,06} = 25,27 \text{ jam}$$

Konversi ke hari:

$$\text{Waktu operasi (hari)} = 25,27 / 24 = 1,05 \text{ hari} \quad \frac{25,27}{24} = 1,05 \text{ hari}$$

Jadi lama sistem bertahan dengan daya yang tersedia 1,05 hari.

IV. KESIMPULAN

1. Pada pengujian sensor, Sensor Suara Mendeteksi tepukan dengan akurasi baik pada jarak hingga 4 meter. Di luar jarak tersebut, deteksi gagal, sehingga respons sistem tidak aktif. Sensor PIR Mendeteksi keberadaan objek dengan baik hingga jarak 4 meter, sementara pada jarak lebih jauh, sistem secara otomatis menonaktifkan sakelar setelah 30 detik tanpa deteksi objek.
2. Pada pengujian kontrol manual IoT, Sistem mampu menggerakkan servo untuk menekan sakelar secara akurat sesuai instruksi ON dan OFF. Respon sistem cepat dan andal, baik untuk kontrol manual maupun otomatis melalui sensor.
3. Pada pengujian penggunaan daya, Konsumsi daya harian sistem adalah 2089,4 mAh, dengan estimasi waktu operasi mandiri selama 1,05 hari menggunakan baterai berkapasitas 2200 mAh. Waktu pengisian ulang daya bervariasi antara 3,1–6,2 jam, tergantung pada arus pengisian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rizki, D. B., Sumarno, Lubis, M. R., Andani, S. R., & Sari, I. P., 2022. Rancang Bangun Lampu Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya Berbasis Arduino di POLRES Pematang Siantar. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, VI, pp.1-11.
- [2] Bakhtiar & Suherman, 2015. Realisasi Sistem Switch Lampu Penerangan Ruangan Otomatis Untuk Meningkatkan Efisiensi Energi Listrik. *Jurnal Arus Elektro Indonesia (eJAEI)*, pp.23-30, 2015.
- [3] Satriadi, H., 2021. Perancangan Alat Kendali Lampu Menggunakan Sensor Suara FC-04 Berbasis Arduino Uno. Bandung: Jurusan Informatika Sekolah Tinggi Manajemen Informatika & Komputer-Likmi.
- [4] Utomo, T. P., 2019. Potensi Implementasi Internet of Things (IoT) Untuk Perpustakaan. *Buletin Perpustakaan Universitas Islam Indonesia*, pp.1-18.
- [5] Artiyasa, M., Rostini, A. N., Edwinanto, & Junfithrana, A. P., 2020. Aplikasi Smart Home NodeMCU IoT Untuk Blynk. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, VII, pp.1-7.

- [6] Sugianto & Muis, A., 2021. Instalasi Listrik pada Gedung Bertingkat. *Sinusoida*, I, pp. 40-49.
- [7] Irawan, A. C., Zulkarnain, A., & Sembiring, A., 2021. Saklar Lampu Otomatis dengan Kendali Android. *JIKSTRA*, II, pp.59-67.
- [8] Wagiyana, A., & Rahmat, 2019. Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT). *Jurnal Ilmiah Setrum*, pp.238-247.
- [9] Rinaldy, Christianti, R. F., & Supriyadi, D., 2013. Pengendalian Motor Servo yang Terintegrasi dengan Webcam Berbasis Internet dan Arduino. *Jurnal Infotel*, V, pp.17-23.
- [10] Ahaidah, S., Muharnis, & Agustiawan, 2017. Implementasi Sensor PIR pada Peralatan Elektronik Berbasis Microcontroller. *Jurnal Invotek Polbeng*, VII, pp.29-34.
- [11] Kharisma, O. B., & Utama, H. B., 2018. Pengembangan Sistem Pengaman Pintu Laboratorium Robotika UIN Sultan Syarif Kasim Berdasarkan Siulan Berbasis Sensor FC-04 dan Mikrokontroler ATMEGA 328. *Jurnal Sains dan Teknologi*, VII, pp.114-125.
- [12] Perdana, F. A., 2020. Baterai Lithium. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, pp.103-109.
- [13] Manggini, A., 2016. Perancangan dan Pengujian Portable Photovoltaic Power. Universitas Mataram.