

Sistem Otomatisasi Pengendalian Perangkat Listrik Dan Penguncian Pintu Ruangan Menggunakan Komunikasi Bluetooth Rendah Energi

Busran Busran¹, Riski Pratama Ilahi², Eko Kurniawanto Putra³, Indra Warman⁴, Putri Mandarani⁵,

^{1,2,3,4,5}Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang

Jl. Gajah Mada, Kandis, Nanggalo, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Received 2024-10-13

Revised 2025-05-06

Accepted 2025-05-15

Corresponding Author:

Busran
Riski Pratama Ilahi

Email:
busran.nofit@gmail.com
riskigokil9@gmail.com



This is an open access article under the [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

Abstract – This research aims to design and implement an automation system for controlling electrical devices and door locking based on an ESP32 microcontroller with support for Bluetooth Low Energy (BLE) technology. The system was realized in prototype form using the iTag device as a communication medium between the user and the ESP32. The main aim of this system is to increase energy efficiency and room security through automatic control of electrical devices and a door locking mechanism when the room is not in use. Registered iTag devices will be connected to the ESP32 through the BLE pairing process, enabling detection of the user's presence within a 3 meter radius. When a user is detected, the system automatically activates the electrical device and unlocks the door; instead, the device will be disabled and the door locked when the user leaves the area. System testing was carried out to evaluate the BLE signal range and system response to various environmental conditions. Test results show that the system is able to detect iTag devices up to a maximum distance of 12 meters without physical obstacles and 9 meters with wall obstacles.

Keywords: Bluetooth Low Energy (BLE); Smart Control System; Wireless Communication; ESP32

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi pengontrolan perangkat listrik dan penguncian pintu berbasis mikrokontroler ESP32 dengan dukungan teknologi Bluetooth Low Energy (BLE). Sistem direalisasikan dalam bentuk purwarupa menggunakan perangkat iTag sebagai media komunikasi antara pengguna dan ESP32. Tujuan utama dari sistem ini adalah meningkatkan efisiensi energi dan keamanan ruangan melalui pengendalian otomatis terhadap perangkat listrik serta mekanisme penguncian pintu saat ruangan tidak digunakan. Perangkat iTag yang telah terdaftar akan terhubung dengan ESP32 melalui proses pairing BLE, memungkinkan pendeteksian keberadaan pengguna dalam radius 3 meter. Ketika pengguna terdeteksi, sistem secara otomatis mengaktifkan perangkat listrik dan membuka kunci pintu; sebaliknya, perangkat akan dinonaktifkan dan pintu dikunci saat pengguna meninggalkan area. Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi jangkauan sinyal BLE dan respons sistem terhadap berbagai kondisi lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perangkat iTag hingga jarak maksimal 12 meter tanpa hambatan fisik dan 9 meter dengan hambatan dinding.

Kata Kunci: Bluetooth Rendah Energi (BLE); Sistem Kendali Cerdas; Komunikasi Nirkabel; ESP32.

I. PENDAHULUAN

Listrik memegang peranan penting dalam mendukung berbagai aktivitas di lingkungan kampus, baik dalam proses pembelajaran maupun kegiatan administratif. Beragam perangkat elektronik, seperti proyektor, komputer, pendingin ruangan, dan lampu, sangat bergantung pada energi listrik untuk menunjang operasional sehari-hari[1], [2], [3]. Meskipun keberadaannya sangat bermanfaat, pengelolaan penggunaan listrik pada perangkat-perangkat tersebut—terutama di ruang kelas, ruang administrasi, dan ruang dosen—masih dilakukan secara manual. Sebagai contoh, perangkat pendingin ruangan seperti kipas angin dan *Air Conditioner* (AC), serta lampu, sering kali terlupa untuk dimatikan setelah ruangan ditinggalkan. Saat ini, pengontrolan lampu dan perangkat listrik lainnya masih mengandalkan saklar manual yang harus ditekan secara fisik, sehingga rentan terhadap kelalaian pengguna yang dapat mengakibatkan pemborosan energi Listrik[4]. Kelalaian dalam mematikan perangkat elektronik saat meninggalkan ruangan dapat menyebabkan pemborosan energi listrik yang signifikan. Sistem pengendalian perangkat listrik secara manual melalui saklar sangat rentan terhadap kesalahan manusia, seperti lupa mematikan lampu atau pendingin ruangan. Selain itu, sistem penguncian pintu yang masih dilakukan secara manual juga menambah resiko kelalaian yang dapat berdampak pada aspek keamanan ruangan [5]

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan dalam pengontrolan perangkat listrik melalui penerapan teknologi otomatisasi. Salah satu pendekatan yang dikembangkan adalah perancangan sistem saklar otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor *Passive Infrared* (PIR) [6][7] yang memutus aliran listrik secara otomatis ketika tidak terdeteksi keberadaan orang di dalam ruangan[8]. Namun,

sistem ini memiliki kelemahan, yakni sensor PIR dapat salah mendeteksi objek lain yang memancarkan panas tinggi sebagai manusia, sehingga berpotensi menyebabkan ketidakakuratan dalam pengoperasian[9]. Pendekatan lain adalah perancangan sistem kontrol lampu otomatis berbasis *smartphone* dan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)[10][11], yang memungkinkan pengguna mengatur tingkat kecerahan lampu [12]. Akan tetapi, sensor LDR memiliki keterbatasan dalam menghadapi perubahan kondisi cuaca, seperti mendung, yang dapat menyebabkan lampu menyala meskipun pencahayaan tambahan tidak dibutuhkan[13]. Sebagai alternatif, teknologi *Bluetooth Low Energy* (BLE) [14] dapat dimanfaatkan sebagai media komunikasi dalam sistem kontrol otomatis, yang dikombinasikan dengan autentikasi melalui mikrokontroler ESP32[15]. BLE memiliki jangkauan komunikasi maksimal sekitar 25 meter tanpa hambatan, namun jarak tersebut dapat menurun hingga 8 meter apabila terdapat penghalang fisik seperti dinding[16].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan sistem pengontrolan perangkat listrik dan penguncian pintu otomatis berbasis teknologi nirkabel BLE dengan menggunakan mikrokontroler ESP32[17], ESP32 dipilih karena memiliki keunggulan berupa integrasi modul WiFi [18] dan BLE dalam satu *chip*, memungkinkan komunikasi nirkabel yang cepat dan stabil tanpa konfigurasi yang kompleks. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi keberadaan pengguna yang membawa perangkat iTag yang telah terdaftar sebagai kunci digital ruangan melalui koneksi BLE. Ketika pengguna berada dalam radius 3 meter dari ruangan, perangkat akan merespons secara otomatis dalam waktu rata-rata 4 detik untuk mengaktifkan perangkat listrik dan membuka kunci pintu, kondisi ini dipilih berdasarkan pertimbangan efisiensi jangkauan BLE dan keamanan sistem. Pada jarak ini, sistem mampu memberikan respon yang cepat namun tetap selektif, sehingga menghindari aktivasi yang tidak disengaja dari pengguna yang hanya melintas di sekitar ruangan. Waktu respon 4 detik dinilai cukup untuk memastikan koneksi BLE stabil dan memberi waktu sistem melakukan verifikasi perangkat iTag, sekaligus memberikan pengalaman pengguna yang responsif. Dengan demikian, sistem ini dapat secara efektif mengurangi ketergantungan pada interaksi manual, mengatasi kelalaian manusia, dan meningkatkan efisiensi serta keamanan ruangan di lingkungan kampus. Penelitian ini menawarkan solusi yang lebih andal, efisien, dan aman dengan mengintegrasikan kontrol perangkat listrik dan sistem penguncian pintu dalam satu sistem otomatis berbasis ESP32 dan BLE. Sistem ini menggunakan autentikasi perangkat iTag untuk mendeteksi keberadaan pengguna dalam radius tertentu, sehingga dapat mengatasi kelemahan dari sensor gerak (PIR) dan sensor cahaya (LDR), serta mengurangi risiko aktivasi yang tidak diinginkan. Pendekatan ini juga meningkatkan keamanan dan kenyamanan penggunaan sistem otomatisasi ruangan, yang belum banyak dibahas secara terpadu dalam penelitian sebelumnya.

II. METODE

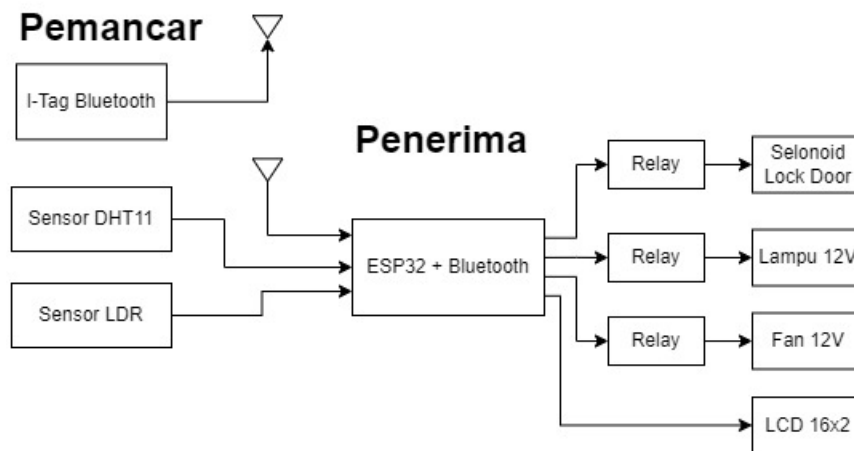
A. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan eksperimental melalui pembuatan purwarupa sistem pengontrolan perangkat listrik dan penguncian pintu otomatis pada suatu ruangan dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi dengan fitur *Bluetooth Low Energy* (BLE). ESP32 berperan sebagai penerima sinyal dan pengendali sistem, yang berkomunikasi secara langsung dengan perangkat iTag BLE, yang difungsikan sebagai identifikasi pengguna sekaligus sebagai pemicu otomatisasi sistem. Penggunaan iTag dalam sistem ini didasarkan pada kepraktisan dan kemudahan integrasi perangkat dengan ESP32 melalui protokol BLE. iTag memiliki karakteristik hemat daya, harga terjangkau, serta kemampuan *broadcast* sinyal BLE secara periodik, menjadikannya kandidat yang sesuai untuk digunakan sebagai kunci digital dalam sistem kontrol ruangan. Ketika perangkat iTag terdeteksi berada dalam radius 3 meter dari ESP32, sistem akan melakukan *pairing* dan otentikasi. Jika iTag sesuai dengan data yang telah terdaftar dalam sistem, maka ESP32 akan memberikan perintah untuk mengaktifkan perangkat listrik dan membuka pintu secara otomatis, tanpa intervensi manual dari pengguna. Meskipun banyak pendekatan kontrol otomatis sebelumnya menggunakan sensor gerak seperti PIR atau kamera berbasis AI, perangkat tersebut memiliki kekurangan seperti sensitivitas terhadap objek non-manusia atau membutuhkan konsumsi daya dan komputasi yang tinggi. Berbeda dengan pendekatan berbasis identitas pengguna seperti iTag BLE, sistem ini lebih selektif dan hanya merespons pengguna yang telah dikenali oleh sistem, sehingga mengurangi risiko aktivasi yang tidak diinginkan.

Sebagai bagian dari sistem, sensor suhu dan kelembaban (seperti DHT11/DHT22) digunakan untuk mendeteksi suhu ruangan secara *real time*. Ketika suhu melebihi ambang batas tertentu (misalnya $>28^{\circ}\text{C}$), sistem akan mengaktifkan kipas atau AC secara otomatis, namun hanya jika pengguna iTag terdeteksi di dalam radius, ketika pengguna keluar dan sinyal iTag tidak lagi terdeteksi, perangkat akan dinonaktifkan secara otomatis. Hal ini bertujuan menjaga kondisi suhu ruangan tetap dalam batas normal (sekitar $25\text{--}27^{\circ}\text{C}$) hanya saat dibutuhkan. Sementara itu, untuk sistem pencahayaan, sensor LDR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya alami di dalam ruangan. Jika tingkat pencahayaan kurang dari ambang batas (misalnya $<200\text{ lux}$), sistem akan mengaktifkan lampu ruangan secara otomatis saat pengguna memasuki ruangan. Namun, berbeda dengan sistem

konvensional, aktivasi ini tidak hanya berbasis sensor cahaya, tetapi juga memerlukan keberadaan pengguna melalui sinyal iTag, sehingga mencegah lampu menyala saat ruangan kosong meskipun gelap.

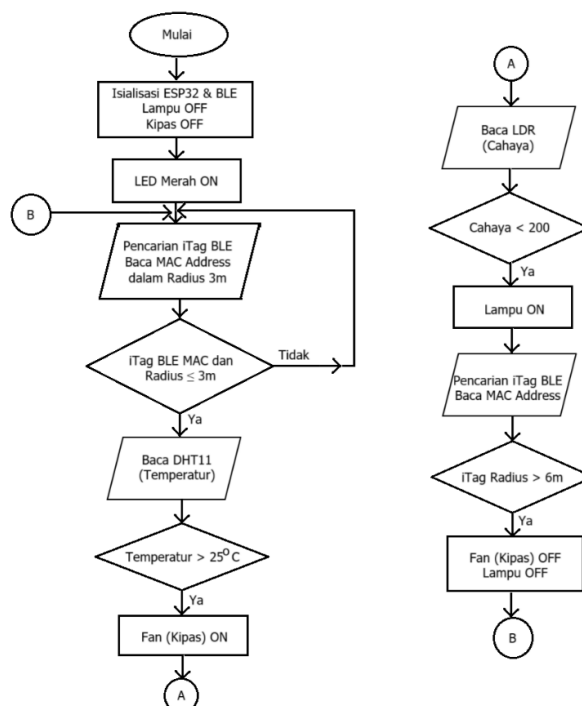
B. Blok Diagram



Gambar 1. Blok Diagram

Sistem terdiri dari dua blok yaitu blok sistem pemancar dan penerima. Pada gambar 1, blok pemancar ada perangkat iTag Bluetooth berfungsi sebagai kunci akses yang berkomunikasi dengan ESP32, sedangkan blok penerima ada sensor DHT11 (suhu dan kelembaban) dan LDR (cahaya) mengirimkan data lingkungan. ESP32 bertindak sebagai pusat kendali yang menerima sinyal dari sensor dan iTag, lalu mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat melalui *relay*. Perangkat yang dikendalikan termasuk kunci pintu selenoid, lampu 12V, kipas 12V, dan layar LCD untuk menampilkan informasi.

C. Flowchart Sistem



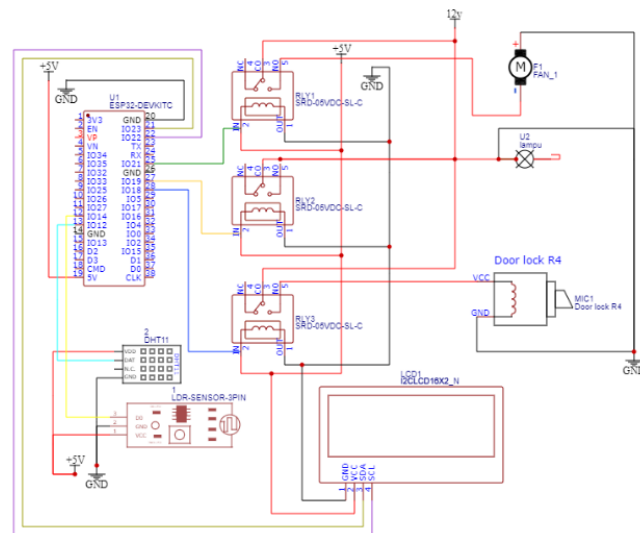
Gambar 2. Flowchart Sistem

Pada Gambar 2 dijelaskan alur kerja sistem pengontrolan perangkat listrik dan penguncian pintu otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 dan perangkat iTag BLE. Proses dimulai dengan inisialisasi sistem, di mana ESP32 mengaktifkan modul BLE dan menyalakan indikator LED merah sebagai tanda sistem dalam mode pencarian. Selanjutnya, ESP32 akan melakukan pemindaian perangkat BLE dan membaca alamat MAC address

dari iTag. Jika iTag terdeteksi dan berada dalam radius kurang dari 3 meter, maka LED hijau akan menyala sebagai indikasi autentikasi berhasil. Pada saat yang sama, pintu akan terbuka selama 4 detik, dan sistem akan mengaktifkan sensor DHT11 (untuk suhu) dan sensor LDR (untuk pencahayaan). Sistem kemudian membaca suhu ruangan dari sensor DHT11 jika suhu melebihi 25°C , maka kipas/AC akan diaktifkan, sebaliknya jika suhu $\leq 25^{\circ}\text{C}$, maka kipas/AC akan dimatikan. Setelah itu, sensor LDR akan memantau intensitas cahaya di dalam ruangan, jika intensitas cahaya lebih tinggi dari ambang batas yang ditentukan, maka lampu akan dimatikan, jika intensitas cahaya lebih rendah dari ambang batas, maka lampu akan dinyalakan. Sistem terus memantau jarak iTag, jika iTag bergerak menjauh dan berada pada jarak lebih dari 6 meter, maka koneksi BLE dianggap terputus. Dalam kondisi ini, semua perangkat akan dimatikan, pintu dikunci kembali, dan sistem akan kembali ke mode awal untuk menunggu koneksi ulang dari iTag.

D. Skema Rangkaian

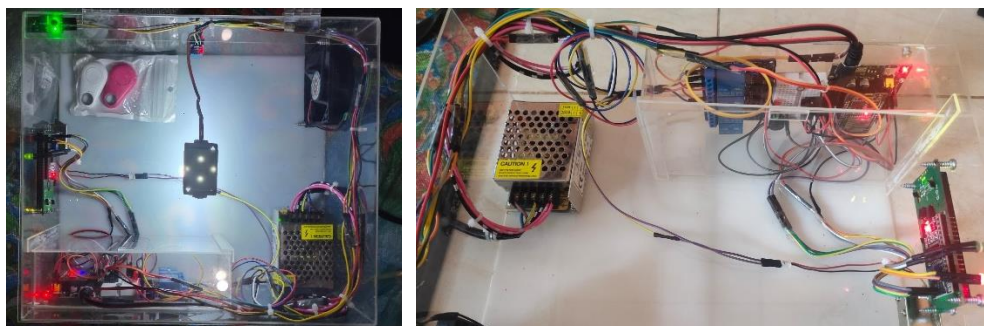
Gambar 3, merupakan skema rangkaian sistem pengontrolan perangkat listrik dan penguncian pintu berbasis ESP32 yang terdiri dari mikroprosesor ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan perangkat masukan berupa sensor suhu DHT11, sensor cahaya LDR, dan perangkat keluaran berupa modul *relay* dan penampil LCD. Sensor DHT11 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban, sedangkan sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya. Modul *relay* terhubung ke perangkat listrik seperti kipas, lampu, dan kunci pintu selenoid (*door lock*).



Gambar 3. Skema Rangkaian

E. Prototipe Alat

Pengujian sistem pengontrolan perangkat listrik dan penguncian pintu berbasis ESP32 menggunakan purwarupa memiliki ukuran dengan Panjang 30 cm, lebar 26 cm dan tinggi 14cm, kotak didalam ruangan memiliki ukuran 18cm, lebar 10 cm, dan tinggi 4 cm, dimana kotak ini berguna untuk meletakkan komponen ESP32, *breadboard*, *buzzer* dan *relay 4 channel*. Gambar 4, merupakan tampilan purwarupa perangkat.



Gambar 4. Rancangan perangkat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai yang sesuai dengan alat ukur standar yang memiliki tingkat akurasi yang sama. Nilai kesalahan akurasi (*error*) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\%Error = \frac{(\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Alat Ukur})}{\text{Nilai Alat Ukur}} \times 100\% \quad (1)$$

Untuk kalibrasi sinyal antara aplikasi BLE Scanner dan modul BLE pada ESP32 dengan menetapkan jarak 3 meter antara perangkat BLE iTag sebagai pemancar sinyal dengan perkiraan besar ruangan adalah 3x3 meter dan kedua alat ukur. iTag berfungsi sebagai pemancar sinyal BLE yang konstan, sedangkan BLE Scanner dan modul ESP32 berperan sebagai penerima sinyal untuk mengukur kekuatan sinyal (RSSI). Pengujian dimulai dengan menempatkan iTag pada posisi tetap, sementara aplikasi BLE Scanner di *smartphone* dan modul ESP32 ditempatkan pada jarak 3 meter. Kedua alat ukur mencatat nilai kekuatan sinyal yang diterima selama periode tertentu. Hasil pengukuran dari kedua alat ukur dibandingkan untuk mengetahui perbedaan nilai dan *error*, seperti yang ditampilkan dalam tabel 1.

TABEL 1
PENGUJIAN KALIRASI MODUL BLE

BLE Scanner(dbm)	Modul BLE(dbm)	Error%
-81	-84	0,04
-82	-84	0,02
-81	-85	0,05
-82	-85	0,04
-80	-85	0,06
Rata – rata		0.04

Berdasarkan tabel 1, hasil pengujian akurasi antara modul BLE dan aplikasi BLE Scanner menunjukkan selisih sebesar 0,04% dalam nilai akurasi. Hal ini menandakan bahwa pengukuran menggunakan modul BLE memiliki tingkat kesesuaian yang sangat tinggi dengan pengukuran menggunakan aplikasi BLE Scanner, ini mengindikasikan bahwa penggunaan modul BLE dalam membaca kekuatan sinyal RSSI tidak memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan alat ukur standar. Kalibrasi mendapatkan selisih yang akurat selanjutnya, pengujian kekuatan koneksi perangkat iTag dengan modul ESP32 dengan kondisi tanpa halangan untuk mengetahui jarak maksimal komunikasi iTag BLE dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL 2
PENGUJIAN KONEKSI PERANGKAT ITAG TANPA HALANGAN

Jarak (m)	I-Tag Pertama	I-Tag Kedua
	Respon Koneksi	Respon Koneksi
3	Terhubung	Terhubung
6	Terhubung	Terhubung
9	Terhubung	Terhubung
12	Terhubung	Terhubung
15	Tidak Terhubung	Tidak Terhubung
18	Tidak Terhubung	Tidak Terhubung

Berdasarkan tabel 2, dapat diketahui jarak maksimal pada kondisi tanpa halangan, iTag 1 dan 2 berhasil memberi respon hingga jarak 12 meter. Pada jarak 15 meter iTag tidak berhasil saling terkoneksi. Koneksi pengujian yang berhasil didapatkan kemudian dilakukan pengujian kekuatan koneksi perangkat iTag dengan modul ESP32 dengan kondisi ada halangan (dinding) juga dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal komunikasi iTag BLE yang dapat dilihat pada tabel 3

TABEL 3
PENGUJIAN KONEKSI PERANGKAT ITAG ADA HALANGAN

Jarak (m)	I-Tag Pertama	I-Tag Kedua
	Respon Koneksi	Respon Koneksi
3	Terhubung	Terhubung
6	Terhubung	Terhubung
9	Terhubung	Terhubung
12	Tidak Terhubung	Tidak Terhubung
15	Tidak Terhubung	Tidak Terhubung

Dari tabel 3, dapat diketahui jarak maksimal pada kondisi adanya halangan dinding, iTag 1 dan 2 berhasil memberi respon hingga jarak 6 meter. Pada jarak 9 meter iTag masih dapat terhubung kemudian terputus. Pada dua pengujian tabel 2 dan tabel 3 menjelaskan bahwa adanya halangan (dinding) dapat mempengaruhi kekuatan koneksi antara perangkat iTag dengan modul BLE pada ESP32.

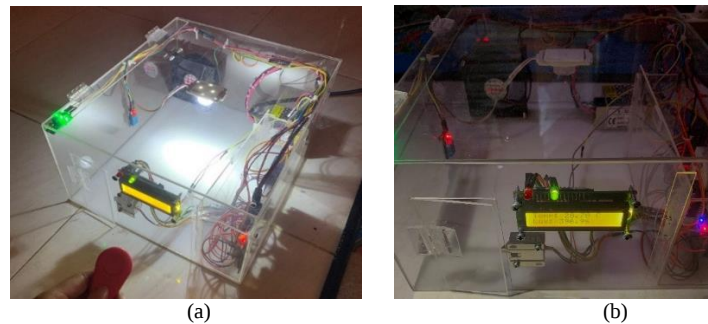
Suhu pada ruangan idealnya memiliki nilai antara 25°C sampai 27°C[19]. Pengujian suhu ruangan menggunakan sensor Digital High Temperature (DHT11) bertujuan untuk memastikan sensor DHT11 berjalan sesuai dengan fungsinya ketika sensor membaca suhu ruangan lebih dari 25°C maka kipas akan hidup dan ketika suhu dibawah suhu 25°C maka akan membuat kipas mati. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *solder* panas untuk menaikkan suhu dan es untuk menurunkan suhu. Pengujian suhu dapat dilihat pada tabel 4.

TABEL 4
PENGUJIAN SENSOR DHT11

Pengujian	Suhu awal	Suhu akhir	Kondisi Awal Kipas	Kondisi Akhir Kipas
Es	27°C	24°C	Aktif	Nonaktif
Solder Panas	22°C	26°C	Nonaktif	Aktif

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap sensor DHT11, dapat disimpulkan bahwa sensor berfungsi dengan baik dalam mengontrol suhu dengan mengaktifkan atau menonaktifkan kipas sesuai dengan perubahan suhu yang terdeteksi, baik dalam kondisi penurunan maupun peningkatan suhu.

Intensitas cahaya dalam ruangan umumnya 150 - 250 lux[20]. Pengujian ini bertujuan untuk menguji fungsi sensor Light Depending Resistor (LDR) dalam mengukur intensitas Cahaya seperti gambar 5.



Gambar 5. (a) kondisi LDR gelap, (b) kondisi LDR terang

Sensor LDR bekerja dengan mengubah intensitas cahaya yang diterima menjadi nilai *Analog to Digital Converter* (ADC), yang berfungsi sebagai acuan untuk menyalakan atau mematikan lampu. Ketika intensitas cahaya lebih dari 200 akan menonaktifkan lampu dan ketika kurang dari 200 maka akan menaktifkan lampu. Pengujian intensitas cahaya pada sensor LDR dapat dilihat pada tabel 5.

TABEL 5
PENGUJIAN SENSOR LDR

Sensor LDR(ADC)	Intensitas Cahaya(lux)	Keterangan
633	50	Lampu Aktif
512	100	Lampu Aktif
438	150	Lampu Aktif
391	200	Lampu Aktif
352	250	Lampu Nonaktif

Berdasarkan tabel 5 sensor LDR berfungsi dengan baik dalam mengendalikan lampu sesuai perubahan intensitas cahaya. Nilai ADC dari sensor mencerminkan kondisi pencahayaan, nilai tinggi menunjukkan intensitas cahaya rendah. Pada intensitas cahaya antara 0 hingga 200 lux, lampu tetap aktif, menandakan pencahayaan kurang. Namun, saat intensitas mencapai 250 lux, nilai ADC turun dan lampu dinonaktifkan, menunjukkan pencahayaan yang cukup terang sehingga lampu tidak diperlukan.. Berikutnya adalah pengujian fungsional alat keseluruhan yang bertujuan menguji kinerja keseluruhan dari sistem dari output pada sistem alat apakah sudah bekerja yaitu ketika ada iTag terdekat yang terdaftar terkoneksi maka mengaktifkan *solenoid lock door* dan dapat membuka pintu. Saat iTag terkoneksi apakah perangkat listik dan sensor aktif, dengan hasil yang dapat dilihat pada tabel 6.

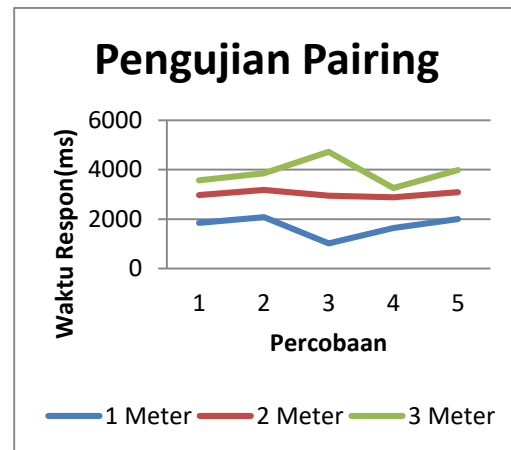
TABEL 6
PENGUJIAN FUNGSIONAL ALAT

Jarak (m)	Status Bluetooth	Rssi (dbm)	Kondisi Pintu	Perangkat Listrik	
				Lampu	Fan/kipas
1	Terkoneksi	-67	Terbuka	Hidup	Hidup
2	Terkoneksi	-70	Terbuka	Hidup	Hidup
3	Terkoneksi	-70	Terbuka	Hidup	Hidup
4	Tidak Terkoneksi	-	Tertutup	Mati	Mati
5	Tidak Terkoneksi	-	Tertutup	Mati	Mati

Hasil pengujian Tabel 6, menunjukkan bahwa perangkat iTag berhasil mengontrol perangkat listrik dan membuka pintu ketika nilai RSSI lebih besar dari -85 dBm, di mana jarak -85 dBm tersebut setara dengan 3 meter seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Sistem bekerja ketika iTag berada dalam jarak hingga 3 meter, perangkat terhubung, pintu terbuka, dan perangkat listrik aktif. Pada jarak lebih dari 3 meter, tidak ada perangkat yang terhubung, sehingga pintu tetap tertutup dan perangkat listrik tidak aktif. Kecepatan *pairing* antara perangkat iTag dan alat tanpa halangan dapat dilihat pada tabel 7 dan gambar 6.

TABEL 7
PENGUJIAN KECEPATAN PAIRING TANPA HALANGAN

Percobaan	Jarak (m)	Waktu respon (ms)
1	1	1850
2		2080
3		1010
4		1640
5		2000
1	2	2970
2		3180
3		2940
4		2880
5		3090
1	3	3570
2		3850
3		4720
4		3260
5		3980

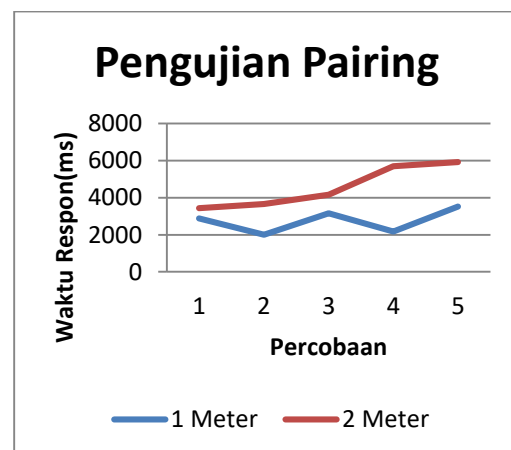


Gambar 6. Pengujian pairing itag pada alat tanpa halangan

Berdasarkan pengujian pada tabel 7 dan gambar 6, dapat diketahui rata rata kecepatan *pairing* iTag dengan alat saat kondisi tanpa halangan pada jarak 1 meter adalah 1716 ms, jarak 2 meter adalah 3012 ms dan jarak 3 meter adalah 3876 ms. Tidak hanya keberhasilan *pairing* tanpa halangan tetapi adanya halangan (dinding) perangkat iTag dapat terkoneksi dengan sistem dengan kecepatan *pairing* yang berbeda beda seperti pada tabel 8 dan gambar 7.

TABEL 8
PENGUJIAN KECEPATAN PAIRING ADA HALANGAN

Percobaan	Jarak (m)	Waktu respon (ms)
1	1	2880
2		2010
3		3160
4		2170
5		3520
1	2	3440
2		3660
3		4160
4		5690
5		5930



Gambar 7. Pengujian pairing itag pada alat ada halangan

Pengujian pada tabel 8 dan gambar 7, dapat diketahui rata rata kecepatan *pairing* iTag alat saat kondisi ada halangan dinding pada jarak 1 meter adalah 2748 ms, dan jarak 2 meter adalah 4576 ms. Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 7 dan tabel 8, rata-rata kecepatan *pairing* perangkat iTag dengan alat menunjukkan

adanya perubahan ketika terdapat halangan. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan halangan memiliki pengaruh terhadap kecepatan *pairing* perangkat iTag dengan alat.

B. Analisis

Sistem pengontrolan perangkat listrik dan penguncian pintu ruangan bekerja dengan acuan dari kekuatan sinyal (RSSI) antara perangkat iTag . BLE pada ESP32 mengenali perangkat iTag melalui *Medium Access Control* (MAC) *address* dengan acuan RSSI -85 dBm sebagai jarak 3 meter dari rujukan pada tabel 1, jika perangkat iTag belum terdaftar alamat MAC nya dan kekuatan sinyal melebihi maka komunikasi sistem pengontrolan perangkat listrik dan penguncian pintu tidak akan aktif. Program yang ditulis pada sistem pengontrolan ini adalah

```
String address =  
advertisedDevice.getAddress().toString().c_str();  
if (address.equals("ff:ff:10:d2:68:b3")) {  
  rssi = advertisedDevice.getRSSI();  
  if (rssi >= -85) {  
    pServerAddress1 = new BLEAddress(address.c_str());  
    serverfound1 = true;
```

IV. SIMPULAN

Berdasarkan pengujian purwarupa sistem pengontrolan perangkat listrik dan penguncian pintu berbasis BLE dengan ESP32, memungkinkan pengguna membuka pintu dan menghidupkan perangkat listrik dalam jarak maksimal 3 meter saat terhubung. Hasil pengujian menunjukkan komunikasi antara iTag BLE dan modul ESP32 berkinerja baik, dengan nilai RSSI memiliki selisih rata-rata 0,04% dibandingkan aplikasi BLE *Scanner*. Jarak komunikasi maksimal tanpa halangan mencapai 12 meter, dengan waktu respon *pairing* rata-rata 3549 ms di jarak 3 meter. Namun, dengan halangan, jarak maksimal menurun menjadi 9 meter dan waktu respon meningkat menjadi 5730 ms. Secara keseluruhan, iTag dapat terhubung dalam jarak 1 hingga 3 meter untuk mengaktifkan perangkat listrik, dan sistem akan bekerja ke keadaan semula jika koneksi melebihi jarak 6 meter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah melancarkan proses penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini membawa manfaat dan perubahan positif dan dapat dikembangkan kearah yang lebih besar misalnnnya mencakup *data logger* dengan sistem *cloud*. Terima kasih juga kepada Institut Teknologi Padang yang telah memberikan dukungan berupa fasilitas untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. W. Yoga Widiana, I. G. A. P. Raka Agung, and P. Rahardjo, "Rancang Bangun Kendali Otomatis Lampu dan Pendingin Ruangan pada Ruang Perkuliahan Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 2, p. 112, Jun. 2019, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2019.v06.i02.p16.
- [2] E. Yahya, M. Farid, F. Trisnawati, A. Jayadi, and N. Utami Putri, "Sistem Lampu Rumah Menggunakan Penjadwalan Dan Modul Bluetooth," *J i m e l v*, vol. 2, 2021, doi: 10.33365/jimel.v1i1.
- [3] K. Angin, D. P. Dalam, R. Kelas, R. S. Rinaldi, Y. R. Lase, and M. K. A. Rosa, "Perancangan Sistem Otomatisasi Penyalaan Lampu," vol. 11, 2021.
- [4] B. R. Rahmadya, "Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Dengan Mengimplementasikan Bluetooth Low Energy," *JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering)*, vol. 5, no. 01, pp. 33–40, Mar. 2021, doi: 10.25077/jitce.5.01.33-40.2021.
- [5] A. P. Zanofa, R. Arrahman, M. Bakri, and A. Budiman, "Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3," 2020.
- [6] B. N. Gerald Ergi and S. Mandala, "PIR Sensor-Based Intelligent Home Security System Design Analysis Using Machine Learning Methods," in *2023 International Conference on Data Science and Its Applications (ICoDSA)*, 2023, pp. 175–180. doi: 10.1109/ICoDSA58501.2023.10277399.
- [7] D. Sonowal *et al.*, "PIR Sensor Based Intruder Detection with Direction and Distance Estimation Supported by SVM," *Sens Imaging*, vol. 26, no. 1, p. 30, 2025, doi: 10.1007/s11220-025-00566-w.
- [8] I. M. A. Mahardiananta, I. M. A. Nugraha, P. A. R. Arimbawa, and D. N. G. T. Prayoga, "Saklar Otomatis Berbasis Mikrokontroler untuk Mengurangi Penggunaan Energi Listrik," *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, vol. 4, no. 1, pp. 59–66, Apr. 2021, doi: 10.31598/jurnalresistor.v4i1.759.
- [9] Farah Chikita Venna and Tjahjanto Tjahjanto, "Perbandingan IoT pada Sensor Kinect, Sensor PIR dan RFID dalam Sistem Keamanan Rumah," *Just IT: Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi, dan Komputer*, vol. 13, no. 1, pp. 22–29, Dec. 2022.
- [10] M. Tjuana, H. Taunaumang, and J. Lolowang, "Studi tentang Karakteristik Light Dependent Resistor," *Jurnal FisTa : Fisika dan Terapannya*, vol. 4, no. 2, pp. 61–65, Oct. 2023, doi: 10.53682/fista.v4i2.284.

- [11] I. A. Ayoade, O. A. Adeyemi, O. A. Adeaga, R. O. Rufai, and S. B. Olalere, "Development of Smart (Light Dependent Resistor, LDR) Automatic Solar Tracker," in *2022 5th Information Technology for Education and Development (ITED)*, 2022, pp. 1–7. doi: 10.1109/ITED56637.2022.10051239.
- [12] F. Hamdi and Thamrin, "Perancangan dan Pembuatan Alat Kontrol Lampu Rumah Otomatis Menggunakan NODEMCU 8266 Berbasis Internet Of Things (IoT)," pp. 1–7, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/voteknika/index>
- [13] S. I. Putri and S. Sudarti, "Analisis Intensitas Cahaya di Dalam Ruangan dengan Menggunakan Aplikasi Smart Luxmeter Berbasis Android," *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, vol. 12, no. 2, p. 51, Oct. 2022, doi: 10.20961/jmpf.v12i2.51474.
- [14] M. A. Al-Shareeda, M. A. Saare, S. Manickam, and S. Karuppayah, "Bluetooth low energy for internet of things: review, challenges, and open issues," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 31, no. 2, pp. 1182–1189, Aug. 2023, doi: 10.11591/ijeecs.v31.i2.pp1182-1189.
- [15] M. Imron and H. Alfala, "Prototipe Sistem Kontrol Keamanan Pintu Otomatis Berbasis Keyless Menggunakan ESP32," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, p. 73, Sep. 2022, doi: 10.31000/jte.v6i2.9779.
- [16] S. Hendri *et al.*, *Teknologi Jaringan Nirkabel*. [Online]. Available: www.globaleksekutifteknologi.co.id, [Accessed October, 2024]
- [17] A. Prafanto, E. Budiman, P. P. Widagdo, G. M. Putra, and R. Wardhana, "Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis," *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 7, no. 1, p. 37, May 2021, doi: 10.31884/jtt.v7i1.318.
- [18] S. Shang and L. Wang, "Overview of WiFi fingerprinting-based indoor positioning," Apr. 01, 2022, *John Wiley and Sons Inc.* doi: 10.1049/cmu2.12386.
- [19] V. Azteria, "Analisis Pengaruh Suhu Air Conditioner Terhadap Kesehatan Pegawai Di Kantor Arsip Dan Perpustakaan Kota X," *Journal of Natural Sciences*, vol. 2, no. 3, pp. 105–113, Nov. 2021, doi: 10.34007/jonas.v2i3.151.
- [20] S. I. Putri and S. Sudarti, "Analisis Intensitas Cahaya di Dalam Ruangan dengan Menggunakan Aplikasi Smart Luxmeter Berbasis Android," *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, vol. 12, no. 2, p. 51, Oct. 2022, doi: 10.20961/jmpf.v12i2.51474.