

Implementasi Smart Ring Sebagai Media Autentikasi Pada Sistem Kontrol Akses Ruangan Berbasis Esp32

Bambang Minto Basuki¹, Muhammad Vigi Alvin Fadli²

^{1,2}Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Malang

Email: bambang.minto@unisma.ac.id¹, Email: malvin123@gmail.com²

ABSTRAK

Keamanan akses ruangan merupakan aspek penting dalam mencegah masuknya pihak yang tidak berwenang. Sistem penguncian konvensional yang masih menggunakan kunci fisik memiliki berbagai kelemahan, seperti risiko kehilangan, duplikasi, dan penyalahgunaan. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan *smart ring* sebagai media autentikasi pada sistem kontrol akses ruangan berbasis mikrokontroler ESP32 dengan memanfaatkan teknologi Bluetooth Low Energy (BLE). Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan *prototyping* yang meliputi perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, implementasi sistem, dan pengujian kinerja. Pengujian autentikasi dilakukan sebanyak 20 kali percobaan yang terdiri atas 10 kali menggunakan *smart ring* terdaftar dan 10 kali menggunakan perangkat BLE yang tidak terdaftar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mencapai tingkat keberhasilan autentikasi sebesar 100%, dengan seluruh *smart ring* terdaftar berhasil dikenali dan seluruh perangkat yang tidak terdaftar berhasil ditolak. Pengujian jarak komunikasi BLE menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara stabil hingga jarak 70 cm tanpa penghalang dan 60 cm dengan penghalang, sedangkan pada jarak yang lebih jauh performa komunikasi mulai mengalami penurunan. Pengujian sistem keamanan juga menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dalam mendeteksi dan menolak akses dari perangkat yang tidak memiliki otorisasi.

Kata kunci: sistem kontrol akses, *smart ring*, ESP32, Bluetooth Low Energy, autentikasi, keamanan ruangan.

ABSTRACT

Room access security is a critical aspect of preventing unauthorized entry into restricted areas. Conventional locking systems that rely on physical keys are associated with several limitations, including the risks of loss, duplication, and misuse. This study aims to implement a smart ring as an authentication medium in an ESP32-based room access control system utilizing Bluetooth Low Energy (BLE) technology. The research employed a Research and Development (R&D) methodology with a prototyping approach, encompassing hardware design, software development, system implementation, and performance evaluation. Authentication testing was conducted through 20 trials, consisting of 10 trials using a registered smart ring and 10 trials using unregistered BLE devices. The results demonstrated that the proposed system achieved an authentication success rate of 100%, successfully recognizing all registered smart rings while rejecting all unauthorized devices. BLE communication range testing indicated that the system operated reliably at distances of up to 70 cm in unobstructed conditions and 60 cm in obstructed conditions. Beyond these ranges, communication performance gradually declined, resulting in reduced detection and authentication reliability. Furthermore, security testing showed a 100% success rate in detecting and denying access attempts from unauthorized devices. These findings demonstrate that the proposed smart ring-based authentication system provides a practical, reliable, and effective solution for enhancing room access security through contactless digital authentication.

Keywords—access control system, smart ring, ESP32, Bluetooth Low Energy (BLE), authentication, room security.

I. PENDAHULUAN

Keamanan akses ruangan merupakan salah satu aspek penting dalam menjaga aset, data, serta keselamatan pengguna di berbagai lingkungan, seperti perkantoran, laboratorium, ruang server, maupun area dengan akses terbatas lainnya. Sistem keamanan konvensional yang masih banyak digunakan umumnya mengandalkan kunci mekanis atau kartu identitas (access card). Namun, metode tersebut memiliki beberapa kelemahan, seperti risiko kehilangan, pemalsuan, duplikasi, maupun penggunaan oleh pihak yang tidak berwenang. Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan sistem kontrol akses yang lebih aman, praktis, dan mampu memberikan autentikasi pengguna secara lebih akurat [1].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem keamanan berbasis perangkat pintar yang terhubung secara nirkabel [1]. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam sistem autentikasi modern adalah Bluetooth Low Energy (BLE) [2]. BLE menawarkan konsumsi daya yang rendah, kecepatan komunikasi yang baik, serta kemampuan identifikasi perangkat secara unik melalui Universally Unique Identifier (UUID) [3]. Karakteristik tersebut menjadikan BLE sebagai teknologi yang sesuai untuk diterapkan pada sistem kontrol akses berbasis perangkat wearable [4,5].

Salah satu perangkat wearable yang semakin berkembang adalah smart ring. Smart ring merupakan perangkat berbentuk cincin yang dilengkapi dengan teknologi sensor dan komunikasi nirkabel sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti pemantauan kesehatan, autentikasi identitas, hingga pengendalian perangkat elektronik [4]. Keunggulan smart ring terletak pada ukurannya yang ringkas, mudah digunakan, serta memiliki tingkat kenyamanan yang tinggi dibandingkan kartu akses atau kunci konvensional [6]. Dengan memanfaatkan smart ring sebagai media autentikasi, pengguna dapat mengakses ruangan secara otomatis tanpa perlu membawa kunci fisik atau melakukan kontak langsung dengan sistem pengunci [7,8].

Dalam implementasinya, sistem autentikasi berbasis smart ring memerlukan perangkat pengendali yang mampu melakukan proses identifikasi dan pengolahan data secara cepat. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT

adalah ESP32. ESP32 merupakan mikrokontroler System on Chip (SoC) yang telah dilengkapi dengan fitur Wi-Fi dan Bluetooth sehingga sangat sesuai digunakan untuk aplikasi komunikasi nirkabel. Selain memiliki performa yang baik, ESP32 juga menawarkan biaya implementasi yang relatif rendah serta kemudahan dalam proses pengembangan sistem [4,9,10,11,12].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penerapan teknologi autentikasi digital dapat meningkatkan keamanan dibandingkan sistem konvensional. Sistem keamanan berbasis RFID untuk kendaraan bermotor yang dikembangkan pada penelitian sebelumnya menunjukkan peningkatan keamanan melalui identifikasi pengguna yang terdaftar. Selain itu, sistem keamanan berbasis ESP32 yang dikembangkan pada penelitian lain mampu melakukan autentikasi pengguna dan pengendalian akses secara efektif. Meskipun demikian, penelitian yang memanfaatkan smart ring sebagai media autentikasi pada sistem kontrol akses ruangan masih relatif terbatas sehingga masih terbuka peluang untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut [4,13,14,15,16].

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan smart ring sebagai media autentikasi pada sistem kontrol akses ruangan berbasis ESP32. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan teknologi BLE untuk mendeteksi UUID unik dari smart ring yang telah terdaftar sehingga hanya pengguna yang memiliki otorisasi yang dapat mengakses ruangan. Diharapkan sistem ini dapat memberikan solusi keamanan yang lebih praktis, efisien, dan andal dibandingkan metode akses konvensional.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian yang dikerjakan merupakan penelitian Research and Development (R&D) dengan pendekatan prototyping. Penelitian dilakukan untuk merancang, membangun, dan menguji sistem kontrol akses ruangan berbasis ESP32 menggunakan smart ring sebagai media autentikasi melalui teknologi Bluetooth Low Energy (BLE). Pengumpulan data dilakukan melalui metode eksperimen dan pengujian sistem yang meliputi pengujian autentikasi, pengujian jarak komunikasi BLE, serta

pengujian keamanan sistem. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan kinerja sistem yang dikembangkan [1].

2.2. Sumber dan Jenis Data

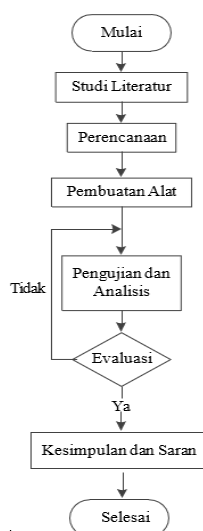
Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari hasil pengujian prototipe sistem kontrol akses ruangan berbasis ESP32 dan smart ring BLE, meliputi pengujian autentikasi, jarak komunikasi BLE, dan keamanan sistem. Data sekunder diperoleh dari jurnal ilmiah, buku, serta penelitian terdahulu yang relevan sebagai landasan teoritis dan referensi pengembangan sistem.

Jenis data yang digunakan terdiri atas:

1. Data Kuantitatif, berupa hasil pengukuran dan pengujian sistem, seperti tingkat keberhasilan autentikasi, keberhasilan deteksi perangkat, serta jangkauan komunikasi BLE.
2. Data Kualitatif, berupa hasil observasi terhadap kinerja sistem, respons perangkat, serta kemampuan sistem dalam mengendalikan akses dan menolak perangkat yang tidak memiliki otorisasi.

2.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat ditunjukkan pada gambar 1 berikut



Gambar 1 Tahapan Penelitian

2.4 Analisis Kebutuhan Sistem

Identifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk membangun sistem kontrol akses ruangan.

Kebutuhan Perangkat keras berupa : ESP32 DevKit V1, Smart Ring BLE, Relay Module 5V, Solenoid Door Lock, Buzzer, Power Supply 5V, Kabel Jumper

Kebutuhan Perangkat Lunak berupa : Arduino IDE, Library ESP32 BLE, Sistem Operasi Windows 10/11

2.5 Perancangan Sistem

Sistem terdiri atas tiga bagian utama yaitu input, proses, dan output yang diperinci sebagai berikut :



Gambar 2 Perancangan Sistem

Pada bagian Input terdapat Smart Ring BLE

Pada bagian proses, ESP32 melakukan pemindaian perangkat BLE dan membaca alamat MAC atau identitas perangkat Smart Ring. Selanjutnya sistem melakukan proses autentikasi dengan membandingkan data yang diterima dengan data yang tersimpan.

Sedangkan pada sisi Output Relay mengaktifkan Solenoid Door Lock dan Buzzer sebagai indikator keamanan.

Mekanisme Kerja Sistemnya adalah :

1. *Smart ring* berada dalam jangkauan komunikasi BLE dari ESP32.
2. ESP32 melakukan proses *scanning* untuk mendeteksi perangkat BLE yang tersedia.
3. Identitas *smart ring* yang terdeteksi dibaca oleh ESP32.
4. Sistem melakukan proses autentikasi terhadap identitas yang diperoleh.
5. Jika identitas valid, relay diaktifkan sehingga *solenoid door lock* terbuka dan buzzer tetap tidak aktif.
6. Jika identitas tidak valid, relay tetap nonaktif sehingga pintu tetap terkunci, sementara buzzer aktif sebagai alarm keamanan.

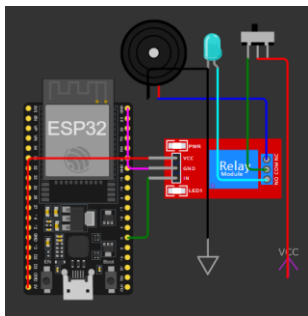
2.6 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan ESP32 sebagai pengendali utama dengan modul relay, buzzer, dan solenoid door lock.

Konfigurasi Pin pada ESP32 terdiri atas :

Rel :
ay GPIO 4
Buz :
zer GPIO 5
VC :
C 5V
GN :
D GND

Relay digunakan untuk mengendalikan solenoid door lock, sedangkan buzzer digunakan sebagai alarm ketika sistem mendeteksi akses yang tidak sah.



Gambar 3 Konfigurasi pin ESP32

2.7 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++.

Alur program sistem adalah sebagai berikut:

1. Sistem melakukan inisialisasi modul BLE pada ESP32.
2. ESP32 melakukan proses *scanning* untuk mendeteksi perangkat BLE yang berada dalam jangkauan.
3. Identitas *smart ring* yang terdeteksi dibaca oleh sistem.
4. Identitas tersebut dibandingkan dengan data yang tersimpan pada basis data sistem.
5. Jika identitas sesuai, relay akan diaktifkan sehingga mekanisme kunci pintu terbuka.
6. Jika identitas tidak sesuai, sistem akan mengaktifkan alarm sebagai indikator adanya akses yang tidak sah.
7. Setelah proses verifikasi selesai, sistem kembali melakukan *scanning* untuk mendeteksi perangkat BLE berikutnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Autentikasi Smart Ring

Pengujian autentikasi smart ring dilakukan sebanyak 20 kali percobaan yang terdiri dari 10 kali menggunakan smart ring yang telah terdaftar dan 10 kali menggunakan

perangkat BLE yang tidak terdaftar. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengenali perangkat yang sah serta menolak akses dari perangkat yang tidak memiliki hak akses.

Tabel 1. Hasil Uji Otentifikasi Smart Ring

Jenis Perangkat	Jumlah Percobaan	Berhasil Diidentifikasi	Tingkat Keberhasilan
Smart Ring Terdaftar	10	10	100%
Perangkat Tidak Terdaftar	10	10	100%

Berdasarkan hasil pengujian, sistem berhasil mengenali seluruh smart ring yang telah terdaftar dan memberikan akses dengan mengaktifkan relay sehingga solenoid door lock dapat terbuka. Sebaliknya, seluruh perangkat yang tidak terdaftar berhasil ditolak oleh sistem dan buzzer aktif.

3.2 Pengujian Jarak Komunikasi BLE

Pengujian jarak komunikasi BLE dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi dan mengautentikasi smart ring pada berbagai jarak. Pengujian dilakukan dengan menempatkan smart ring pada beberapa variasi jarak terhadap ESP32, kemudian diamati keberhasilan koneksi dan autentikasi yang terjadi.

Tabel 2 Pengujian Jarak Komunikasi BLE

Uji coba jarak	Ke 1	Ke 2	Ke 3	Ke 4	Ke 5	Ke 6	Ke 7	Ke 8
10cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10cm penghalang	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20cm dengan penghalang	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30cm dengan penghalang	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
40cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
40cm dengan penghalang	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
50cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
50cm dengan penghalang	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
60cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

60cm dengan penghalang	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	perangkat BLE yang tidak terdaftar tidak dapat melewati proses autentikasi sehingga relay
70cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	tetap dalam kondisi nonaktif dan pintu tetap
70cm dengan penghalang	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	terkunci.
80cm	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	Buzzer berfungsi dengan baik sebagai
80cm dengan penghalang	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	alarm ketika sistem mendeteksi perangkat yang
90cm	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	tidak memiliki hak akses. Seluruh pengujian
100cm	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	menunjukkan hasil yang sesuai dengan
110cm	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	rancangan, sehingga tingkat keberhasilan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mendeteksi dan melakukan autentikasi smart ring dengan baik hingga jarak sekitar 70 cm pada kondisi tanpa halangan dan 60 cm pada kondisi berpenghalang. Pada jarak 80cm tanpa penghalang dan 70 cm berpenghalang, koneksi BLE mulai mengalami penurunan kualitas yang ditandai dengan proses deteksi yang tidak stabil dan meningkatnya waktu respons sistem.

3.3 Pengujian Sistem Keamanan

Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan beberapa skenario akses menggunakan *smart ring* yang terdaftar dan perangkat BLE yang tidak terdaftar. Setiap skenario diuji untuk mengetahui respons sistem terhadap akses yang sah maupun tidak sah.

Tabel 3 Pengujian Sistem Keamanan

No	Skenario Pengujian	Relay	Solenoid Door Lock	Buzzer
1	Smart ring terdaftar	Aktif	Terbuka	Mati
2	Perangkat BLE tidak terdaftar	Mati	Terkunci	Aktif
3	Percobaan akses berulang oleh perangkat tidak terdaftar	Mati	Terkunci	Aktif
4	Smart ring terdaftar setelah percobaan akses tidak sah	Aktif	Terbuka	Mati
5	Perangkat BLE tidak dikenali sistem	Mati	Terkunci	Aktif

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3 sistem mampu menjalankan fungsi keamanan sesuai dengan rancangan. Ketika *smart ring* yang telah terdaftar berada dalam jangkauan ESP32, sistem berhasil melakukan autentikasi dan mengaktifkan relay sehingga *solenoid door lock* terbuka. Sebaliknya,

Hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi *smart ring* mampu memberikan tingkat keamanan yang baik. Sistem tidak hanya dapat mengenali pengguna yang sah, tetapi juga mampu mencegah akses oleh perangkat yang tidak memiliki otorisasi.

IV. KESIMPULAN

1. Implementasi *smart ring* sebagai media autentikasi pada sistem kontrol akses ruangan berbasis ESP32 berhasil direalisasikan dengan memanfaatkan teknologi Bluetooth Low Energy (BLE). Hasil pengujian autentikasi menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 100%, dimana seluruh *smart ring* yang terdaftar berhasil dikenali oleh sistem, sedangkan seluruh perangkat BLE yang tidak terdaftar berhasil ditolak.

2. Hasil pengujian jarak komunikasi BLE menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara stabil hingga jarak 70 cm tanpa penghalang dan 60 cm dengan penghalang. Pada jarak yang lebih jauh, kualitas komunikasi mulai menurun sehingga mempengaruhi kestabilan proses deteksi dan autentikasi perangkat.

3. Pengujian sistem keamanan menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar **100%** dalam mendeteksi dan menolak akses dari perangkat yang tidak memiliki otorisasi. Selain itu, mekanisme alarm menggunakan buzzer dan sistem penguncian pintu berbasis *solenoid door lock* mampu berfungsi sesuai dengan rancangan sehingga dapat meningkatkan keamanan akses ruangan secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. N. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "Mikrokontroler ESP32 sebagai alat monitoring pintu berbasis web," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.

- [2] N. K. R. Hammam and N. H. Isnianto, "Analisis performa Bluetooth pada sistem device reminder berdasarkan pengukuran jarak dan received signal strength indicator," *Journal of Internet and Software Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2021.
- [3] A. P. W. Mulawarman and H. Nugroho, "Design of Battery-Powered BLE Wireless Sensor Node using ESP32 for Smart-Agriculture Purpose," *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, vol. 11, no. 1, 2023, doi: 10.34010/telekontran.v11i1.9607.
- [4] R. S. Pratama, I. Ramadhan, A. Wardhana, and T. N. Abdillah, "Analisis literatur tentang penggunaan wearable IoT (smart watch, smart clothes, smart ring) untuk optimalisasi aktivitas olahraga," *Jurnal Penelitian Inovasi*, vol. 5, no. 2, pp. 1857–1864, 2025, doi: 10.54082/jupin.1551.
- [5] N. Azizah et al., "A Vital Sign Monitoring System Exploiting BT/BLE on Low-cost Commercial Smartwatch for Home Care Patients," in *ISITIA 2023*, 2023.
- [6] H. Koo, J. Lee, and S. Kim, "Smart ring technology and user acceptance for wearable authentication systems," *Sensors*, vol. 23, no. 18, 2023, doi: 10.3390/s23187854.
- [7] M. Imron and H. Alfala, "Prototipe sistem kontrol keamanan pintu otomatis berbasis keyless menggunakan ESP32," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 73–79, 2022, doi: 10.31000/jte.v6i2.9779.
- [8] K. Singh and A. Biswas, "Smart ring technology: Applications, challenges and future prospects," *Sensors*, vol. 23, no. 18, 2023, doi: 10.3390/s23187854.
- [9] R. Hidayat, Y. P. Sari, and A. Nugroho, "Implementasi sistem smart door lock berbasis ESP32 dan Bluetooth Low Energy pada rumah pintar," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 10, no. 4, pp. 845–852, 2023, doi: 10.25126/jtiik.2023104.845.
- [10] I. G. N. A. Putra and N. P. Wulandari, "Rancang bangun sistem kontrol akses pintu berbasis IoT menggunakan ESP32," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 8, no. 2, pp. 312–320, 2024, doi: 10.29207/resti.v8i2.6200.
- [11] A. Setiawan, D. Prasetyo, and M. Lestari, "Pengembangan perangkat smart home berbasis mikrokontroler ESP32 dengan komunikasi Wi-Fi," *Jurnal Informatika dan Komputer*, vol. 6, no. 3, pp. 201–208, 2022.
- [12] D. Kurniawan and E. Saputra, "Analisis kinerja mikrokontroler ESP32 pada sistem monitoring berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 12, no. 1, pp. 55–62, 2023, doi: 10.14710/jtek.v12i1.5012.
- [13] S. P. Agustanti, H. Hartini, and D. A. Nugraha, "Perancangan sistem keamanan sepeda motor berbasis RFID mikrokontroler ESP8266," *JUSIKOM: Jurnal Sistem Komputer Musirawas*, vol. 8, no. 1, pp. 19–29, 2023, doi: 10.32767/jusikom.v8i1.2015.
- [14] A. Wibowo, T. Suryanto, and D. P. Lestari, "Implementasi sistem keamanan pintu berbasis RFID untuk kontrol akses pengguna," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 11, no. 2, pp. 145–152, 2023, doi: 10.14710/jtsiskom.11.2.145.
- [15] R. Saputra and I. Maulana, "Sistem kontrol akses pintu otomatis berbasis ESP32 dan IoT," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 8, no. 3, pp. 501–509, 2024, doi: 10.29207/resti.v8i3.6450.
- [16] A. Firmansyah, F. Nugraha, and H. Prasetyo, "Analisis perkembangan wearable device untuk sistem autentikasi berbasis IoT," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, vol. 19, no. 1, pp. 33–41, 2025.