



Rancang Bangun Sistem Keamanan Laser Berbasis Internet of Things Menggunakan Metode Prototyping dengan Peringatan Dini dan Bukti Visual Real-Time Untuk Mencegah Pencurian

Randikal Hikrenc Menono*, Vilianty Rafida, Ahmad Fajri

Program Studi Teknik Informatika, STMIK Widya Cipta Dharma, Samarinda, Indonesia

Email: ^{1,*}2143090@wicida.ac.id, ²vilianty@wicida.ac.id, ³ahmadfajri@wicida.ac.id

Email Penulis Korespondensi: 2143090@wicida.ac.id

Abstrak—Perkembangan teknologi digital yang sangat pesat, terutama dalam bidang Internet of Things (IoT), telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam hal sistem keamanan. Keamanan merupakan aspek yang sangat penting bagi setiap pemilik usaha, khususnya Toko Vape GHZ yang memiliki risiko pencurian tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah prototipe sistem keamanan laser berbasis IoT yang mampu memberikan peringatan dini secara real-time kepada pemilik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Prototyping yang meliputi tahapan communication, quick plan, modeling quick design, construction of prototype, dan deployment and feedback. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 Cam sebagai pusat kendali utama yang diintegrasikan dengan sensor LDR dan modul GSM SIM800L. Prinsip kerja alat ini adalah dengan memanfaatkan pemutusan sinar laser oleh objek yang melintas sebagai pemicu (trigger) terjadinya intrusi. Ketika sinar laser terputus, intensitas cahaya yang diterima LDR akan berkurang secara drastis, sehingga mikrokontroler secara otomatis memerintahkan modul SIM800L untuk melakukan panggilan telepon ke nomor pemilik toko. Selain itu, ESP32-S3 Cam akan mengambil gambar situasi di lokasi dan mengirimkannya melalui bot Telegram sebagai bukti visual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan sangat efektif, di mana rata-rata waktu respon dari deteksi hingga notifikasi telepon diterima adalah sebesar 8 detik. Tingkat keberhasilan panggilan telepon mencapai 90% dan pengiriman foto bukti visual mencapai 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini dan informasi visual secara real-time kepada pengguna. Namun, kinerja sistem masih dipengaruhi oleh kestabilan jaringan GSM yang digunakan oleh modul SIM800L serta hanya dapat mendeteksi objek yang memutus jalur sinar laser. Kontribusi penelitian ini terletak pada keberhasilan yang menggabungkan fungsi deteksi penyusup atau pemutusan sinar laser, alarm berupa notifikasi telepon melalui SIM800L, dan pengiriman bukti visual ketika terjadi pelanggaran atau putusnya sinar laser menggunakan ESP32-S3 Cam dengan aplikasi telegram dalam satu sistem keamanan berbasis Internet of Things yang mampu memberikan peringatan dini. Dengan adanya sistem ini, pemilik toko dapat memantau keamanan aset mereka dari jarak jauh tanpa harus berada di lokasi secara fisik, memberikan solusi keamanan yang cerdas, cepat, dan ekonomis untuk mencegah tindakan kriminal.

Kata Kunci: ESP32-S3 Cam; SIM800L; Keamanan Laser; LDR; IoT

Abstract—The rapid development of digital technology, particularly in the field of the Internet of Things (IoT), has brought significant changes to various aspects of human life, including security systems. Security is a crucial aspect for business owners, especially those operating in environments with a high risk of theft. This study aims to design and develop an IoT-based laser security prototype capable of providing real-time early warning notifications to users. The research employed the Prototyping method, which consists of communication, quick plan, modeling quick design, construction of prototype, and deployment and feedback stages. The system utilizes an ESP32-S3 Cam microcontroller as the main controller integrated with an LDR sensor and a SIM800L GSM module. The system operates by detecting interruptions in a laser beam caused by objects passing through the monitored area, which serve as intrusion triggers. When the laser beam is interrupted, the light intensity received by the LDR decreases significantly, prompting the microcontroller to automatically instruct the SIM800L module to place a phone call to the user. In addition, the ESP32-S3 Cam captures images of the monitored area and sends them through a Telegram bot as visual evidence. The testing results indicate that the system performs effectively, with an average response time of 8 seconds from intrusion detection to phone call notification. The success rate of phone call notifications reached 90%, while the visual evidence transmission through Telegram achieved a success rate of 100%. These results demonstrate that the system is capable of providing real-time alerts and visual information to users. The contribution of this research lies in the successful integration of intruder detection based on laser beam interruption, alarm notifications through telephone calls using the SIM800L module, and visual evidence transmission using the ESP32-S3 Cam and Telegram application into a single Internet of Things (IoT)-based security system capable of providing early warning notifications. When a laser beam interruption is detected, the system can automatically notify users through a phone call and send visual evidence in real time, thereby enhancing the effectiveness of remote security monitoring and response. However, the system performance is still affected by the stability of the GSM network used by the SIM800L module and is limited to detecting objects that interrupt the laser beam path. Therefore, the proposed system offers a smart, responsive, and cost-effective security solution that enables remote monitoring and supports theft prevention.

Keywords: ESP32-S3 Cam; SIM800L; LDR; Laser Security; IoT

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dan *Internet of Things* (IoT) telah membawa dampak besar terhadap berbagai bidang kehidupan, salah satunya adalah dalam sistem keamanan. Keamanan rumah, kantor, toko maupun area tertentu memerlukan sistem yang mampu memberikan peringatan dini terhadap adanya potensi pencurian atau penyusupan. Sistem keamanan konvensional umumnya masih menggunakan sensor gerak atau alarm sederhana yang hanya memberikan tanda suara lokal, tanpa adanya notifikasi jarak jauh kepada pemilik. Hal ini menjadi kurang efektif, terutama ketika pengguna berada jauh dari lokasi kejadian[1].



Perkembangan teknologi IoT memungkinkan terciptanya sistem keamanan yang lebih modern, efisien, dan mampu diakses secara jarak jauh. Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan komunikasi sehingga dapat melakukan pertukaran data secara otomatis dan *real-time*. Dalam bidang keamanan, penerapan IoT dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem monitoring dan notifikasi otomatis yang mampu memberikan peringatan dini kepada pengguna ketika terjadi ancaman keamanan. Penggunaan teknologi ini memberikan keuntungan berupa peningkatan efektivitas pengawasan, kecepatan respon, dan kemudahan monitoring dari lokasi yang berbeda. Oleh karena itu, pengembangan sistem keamanan berbasis IoT menjadi salah satu solusi yang banyak diterapkan untuk meningkatkan keamanan lingkungan.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, dikembangkan sistem keamanan berbasis sensor laser yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32-S3 Cam dan modul GSM SIM800L. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sinar laser sebagai pendeteksi utama yang diarahkan ke sensor *Light Dependent Resistor*[2]. Ketika sinar laser terputus akibat adanya objek yang melintas, sensor LDR akan mengalami perubahan nilai resistansi yang kemudian dideteksi oleh mikrokontroler. Mikrokontroler seperti ESP32-S3 memiliki kemampuan pemrosesan data yang baik untuk sistem monitoring berbasis IoT[2]. Selanjutnya, ESP32-S3 memproses data tersebut dan mengirimkan notifikasi telepon otomatis kepada pengguna melalui modul SIM800L. Modul GSM seperti SIM800L sangat banyak digunakan dalam sistem notifikasi jarak jauh karena mampu mengirimkan informasi secara *real-time* melalui jaringan seluler[2]. Dengan demikian, pengguna dapat segera mengetahui adanya gangguan keamanan meskipun sedang tidak berada di lokasi.

Agar proses deteksi dan pengiriman notifikasi dapat berjalan secara otomatis, penelitian ini menggunakan ESP32-S3 Cam sebagai pusat pengendali sistem. ESP32-S3 Cam dipilih karena memiliki kamera terintegrasi, konsumsi daya yang efisien, serta mendukung komunikasi berbasis IoT[3]. Dalam penelitian ini, mikrokontroler tersebut untuk membaca data dari sensor LDR, memproses kondisi gangguan, mengendalikan modul SIM800L, serta mengirimkan foto hasil tangkapan kamera melalui Telegram. Kemampuan mikrokontroler ini dalam menjalankan beberapa proses secara bersamaan menjadikannya sangat cocok digunakan dalam pengembangan sistem keamanan berbasis IoT.

Selain memiliki kemampuan komunikasi jarak jauh, sistem ini dirancang menggunakan komponen yang sederhana sehingga mudah diimplementasikan. Komponen utama yang digunakan antara lain ESP32-S3 Cam, Laser LD-G650A03, sensor LDR, modul SIM800L, *stepdown* LM2596 serta catu daya 5V 2A. Semua rangkaian dihubungkan menggunakan breadboard dan kabel jumper untuk memudahkan proses perakitan dan pengujian. Kemampuan ESP32-S3 dalam mendukung komunikasi *real-time* dengan berbagai platform menjadikannya sangat cocok untuk pengembangan sistem keamanan berbasis IoT[3].

Selain mengirimkan notifikasi telepon, sistem ini juga memanfaatkan kamera pada ESP32-S3 Cam untuk mengambil gambar kondisi lokasi ketika terjadi gangguan keamanan. Gambar yang diambil kemudian dikirimkan melalui aplikasi Telegram sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi di lokasi secara visual. Penggunaan Telegram dipilih karena mudah digunakan, ringan, serta mendukung pengiriman data secara cepat melalui jaringan internet. Integrasi antara sistem deteksi laser, modul GSM, dan pengiriman gambar melalui Telegram memungkinkan sistem memberikan notifikasi jarak jauh serta bukti visual secara *real-time* kepada pengguna. Fitur ini memberikan informasi yang lebih lengkap dibandingkan sistem alarm konvensional yang hanya menghasilkan peringatan suara lokal.

Penelitian terkait sistem keamanan berbasis IoT telah banyak dilakukan. Sistem keamanan berbasis sensor gerak dan ESP32-CAM telah dikembangkan untuk mendeteksi pergerakan dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna[4]. Sistem monitoring berbasis ESP32-CAM juga mampu mendukung pemantauan keamanan secara jarak jauh[5]. Selain itu, teknologi laser telah dimanfaatkan sebagai media deteksi intrusi pada sistem keamanan[6]. Penggunaan modul GSM memungkinkan pengiriman notifikasi secara *real-time* melalui jaringan seluler[7]. Sementara itu, integrasi ESP32-CAM dan Telegram telah diterapkan untuk mendukung pengiriman informasi visual pada sistem keamanan berbasis pengenalan wajah[8].

Berdasarkan penelitian terdahulu, sebagian besar sistem keamanan masih menggunakan sensor gerak, kamera, atau notifikasi GSM secara terpisah. Sensor gerak memiliki keterbatasan berupa kemungkinan terjadinya false alarm akibat perubahan kondisi lingkungan, sedangkan sistem berbasis kamera memerlukan sumber daya yang lebih besar untuk proses pemantauan. Sementara itu, penelitian yang menggunakan laser sebagai media deteksi umumnya belum mengintegrasikan notifikasi telepon dan pengiriman bukti visual secara *real-time*. Oleh karena itu, masih terdapat research gap berupa belum adanya integrasi deteksi intrusi berbasis laser-LDR, notifikasi telepon menggunakan SIM800L, dan pengiriman foto otomatis menggunakan ESP32-S3 Cam dalam satu sistem keamanan berbasis Internet of Things.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pengembangan sistem keamanan yang menggabungkan fungsi deteksi intrusi, pemberian peringatan dini melalui panggilan telepon, dan penyediaan bukti visual secara *real-time* dalam satu platform berbasis Internet of Things.

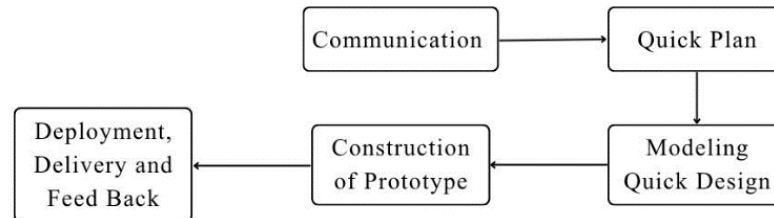
Kontribusi penelitian ini adalah menghasilkan sistem keamanan berbasis Internet of Things yang mengintegrasikan deteksi intrusi menggunakan sensor laser-LDR, notifikasi telepon melalui SIM800L, dan pengiriman bukti visual menggunakan ESP32-S3 Cam dalam satu platform. Selain itu, penelitian ini memberikan evaluasi kinerja sistem berdasarkan waktu respon, tingkat keberhasilan notifikasi telepon, dan keberhasilan pengiriman bukti visual sebagai parameter efektivitas sistem keamanan yang dikembangkan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem keamanan laser berbasis *Internet of Things* menggunakan ESP32-S3 Cam dan modul SIM800L yang mampu memberikan notifikasi otomatis berupa telepon dan pengiriman foto melalui Telegram ketika terjadi gangguan keamanan. Dengan adanya sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi keamanan yang sederhana, efisien, dan efektif dalam meningkatkan keamanan

lingkungan sekitar, sekaligus menjadi dasar pengembangan menuju sistem keamanan cerdas (*smart security system*) di masa depan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Bagan Tahapan Penelitian

Gambar 1 Menunjukkan Rancang bangun dengan pendekatan *prototyping*, yaitu metode pengembangan sistem yang dilakukan dengan cara membuat model awal atau *prototype*, mengujinya, kemudian melakukan penyempurnaan secara berulang hingga menghasilkan sistem yang sesuai kebutuhan. Metode ini digunakan karena proyek memerlukan pengujian langsung terhadap performa sensor, mikrokontroler, dan modul komunikasi GSM. Berikut adalah proses rancang bangun:

a. *Communication*

Tahap awal dalam metodologi prototype adalah communication mengidentifikasi kebutuhan pengguna.

b. *Quick Plan*

Setelah terjadi pertukaran Informasi, langkah selanjutnya adalah untuk menyusun perancangan dasar dan alur kerja.

c. *Modeling Quick Design*

Perancangan model awal perangkat lunak yang akan ditinjau kelayakannya oleh klien.

d. *Construction of Prototype*

Rancangan cepat yang telah dibuat menjadi dasar untuk pembuatan prototype.

e. *Deployment, Delivery and Feed Back*

Penyerahan prototipe yang telah dikembangkan kepada pihak pengguna atau klien untuk keperluan evaluasi.

2.2 Alat dan Bahan

a. ESP32-S3 Cam OV2640

ESP32-S3 Cam OV2640 adalah modul mikrokontroler generasi terbaru dari Espressif Systems yang sudah dilengkapi dengan kamera digital OV2640. Modul ini menggabungkan kemampuan pemrosesan tinggi, konektivitas nirkabel, dan fitur pengambilan gambar dalam satu perangkat berukuran kecil, sehingga sangat cocok untuk aplikasi IoT berbasis visual dan sistem keamanan pintar[9]. Selain itu, ESP32-S3 juga dilengkapi dengan prosesor berperforma tinggi dan dukungan AI ringan (*edge computing*) yang memungkinkan pemrosesan data dilakukan secara langsung pada perangkat. Dalam proyek ini, ESP32-S3 Cam OV2640 berperan sebagai pusat kendali utama yang mengatur semua proses kerja sistem, mulai dari pembacaan sensor, pengendalian laser, hingga pengiriman notifikasi melalui jaringan GSM. Kemampuan ESP32-S3 dalam menangani berbagai input dan output serta integrasi dengan modul komunikasi menjadikannya banyak digunakan dalam pengembangan sistem keamanan berbasis IoT[1]. Bentuk fisik ESP32-S3 Cam OV2640 yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

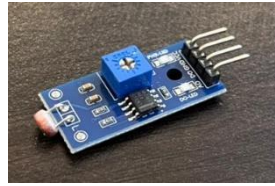


Gambar 2. ESP32-S3 Cam OV2640

b. Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

LDR (Light Dependent Resistor) adalah jenis resistor yang nilai resistansinya berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenainya. Ketika cahaya yang diterima semakin terang, resistansi LDR akan menurun, sedangkan saat cahaya redup atau gelap, resistansinya meningkat. Karakteristik ini menjadikan LDR banyak digunakan dalam sistem deteksi berbasis cahaya karena kemampuannya dalam merespons perubahan intensitas cahaya secara sederhana dan efektif[3]. Secara keseluruhan, sensor LDR berfungsi sebagai komponen utama pendeteksi intrusi pada sistem keamanan laser. Sensor ini mendeteksi perubahan intensitas cahaya dari sinar laser, lalu mengirimkan sinyal ke

ESP32-S3 Cam untuk memproses dan mengaktifkan modul komunikasi SIM800L sebagai alarm. Bentuk Sensor LDR yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

c. Laser LD-G650A03

Laser LD-G650A03 adalah modul laser diode berwarna merah (red laser) dengan panjang gelombang sekitar 650 nm. Laser ini menggunakan dioda semikonduktor yang mengubah energi listrik menjadi cahaya monokromatik koheren (sinar laser). Biasanya sudah dilengkapi dengan driver sirkuit internal untuk menstabilkan arus dan mencegah kerusakan akibat lonjakan tegangan. Dalam proyek “Rancang Bangun Sistem Keamanan Laser”, Laser LD-G650A03 berfungsi sebagai pemancar cahaya utama (laser transmitter) yang digunakan untuk membuat jalur pengaman (security beam line) antara pemancar dan sensor (LDR). Penggunaan laser sebagai alat deteksi dinilai efektif karena mampu menghasilkan sinar yang fokus dan stabil, sehingga perubahan akibat objek yang melintas dapat dideteksi dengan lebih akurat[10]. Bentuk Laser yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Laser LD-G650A03

- d. SIM800L adalah modul GSM/GPRS yang digunakan untuk melakukan komunikasi seluler melalui jaringan operator SIM card (2G). modul SIM800L berfungsi sebagai penghubung komunikasi jarak jauh dalam sistem keamanan laser ini. Ketika sinar laser terputus dan terdeteksi oleh LDR, ESP32-S3 memerintahkan SIM800L untuk segera mengirim notifikasi telepon ke pemilik toko. Penggunaan modul GSM dalam sistem keamanan dinilai efektif karena mampu memberikan notifikasi secara real-time tanpa bergantung pada koneksi internet, sehingga tetap dapat bekerja pada area dengan keterbatasan jaringan Wi-Fi[11]. Bentuk fisik modul SIM800L yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. SIM800L

e. Power Supply PSU 5V 3A

Power Supply Unit (PSU) 5V 3A adalah sumber daya listrik DC (*Direct Current*) yang berfungsi untuk menyuplai tegangan dan arus stabil sebesar 5 Volt dengan arus maksimum hingga 2 Ampere ke seluruh rangkaian elektronik pada sistem. Catu daya DC yang stabil sangat penting dalam sistem elektronik karena fluktuasi tegangan dapat menyebabkan gangguan kinerja bahkan kerusakan pada komponen[7]. Secara keseluruhan, Power Supply PSU 5V 2A berfungsi sebagai sumber daya utama dan penstabil sistem dalam proyek ini. PSU ini menyuplai tegangan dan arus yang dibutuhkan oleh ESP32-S3 Cam OV2640, SIM800L, Laser LD-G650A03, dan sensor LDR agar dapat bekerja secara serentak dan stabil. Power Supply yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Power Supply PSU 5V 3A

f. Stepdown LM2596

Step-down LM2596 adalah modul DC-DC buck converter yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik DC dari nilai yang lebih tinggi menjadi lebih rendah secara efisien tanpa banyak menghasilkan panas. LM2596 umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik karena mampu menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dengan arus yang cukup besar serta memiliki tingkat efisiensi hingga lebih dari 80%. Hal ini menjadikannya sangat cocok digunakan pada sistem berbasis mikrokontroler dan modul komunikasi yang membutuhkan suplai tegangan stabil[7]. Modul Stepdown yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Stepdown LM2596

g. Breadboard

Breadboard adalah papan prototipe yang digunakan untuk merakit rangkaian elektronik tanpa perlu menyolder. Papan ini memiliki lubang-lubang kecil dengan jalur konduktor di bawahnya, yang memungkinkan penyambungan antar komponen seperti ESP32-S3, LDR, Laser, dan kabel jumper dengan mudah. Breadboard berfungsi sebagai platform perakitan dan pengujian sementara yang sangat penting dalam tahap prototyping, memudahkan koneksi antar komponen sistem keamanan laser tanpa perlu penyolderan. Breadboard memungkinkan pengguna untuk menyusun dan menguji berbagai komponen elektronik tanpa proses penyolderan, sehingga sangat efektif dalam proses prototyping. Breadboard yang digunakan sebagai media perakitan rangkaian ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Breadboard

h. Kabel jumper

Kabel jumper adalah kabel penghubung fleksibel yang digunakan untuk menyambungkan antar komponen di breadboard atau antara breadboard dengan modul elektronik. Penggunaan kabel jumper sangat umum pada tahap prototyping karena memudahkan perubahan konfigurasi rangkaian serta mempercepat proses pengujian dan debugging sistem. Kabel jumper yang digunakan untuk menghubungkan antar komponen sistem ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Kabel jumper

2.3 Alur Kerja Sistem

Sistem bekerja dengan memanfaatkan sinar laser yang diarahkan ke sensor LDR. Pada kondisi normal, sensor LDR menerima cahaya laser secara kontinu sehingga nilai resistansi berada pada kondisi stabil. Ketika terdapat objek yang melintas dan memutus sinar laser, nilai resistansi LDR berubah dan dibaca oleh ESP32-S3 Cam. Selanjutnya mikrokontroler memproses perubahan nilai tersebut sebagai indikasi intrusi. Setelah kondisi intrusi terdeteksi, ESP32-S3 Cam mengaktifkan modul SIM800L untuk melakukan panggilan telepon kepada pengguna serta mengambil gambar menggunakan kamera yang terintegrasi. Gambar kemudian dikirim melalui Telegram sebagai bukti visual kondisi lokasi.

2.4 Penanganan Gangguan daya

Sistem menggunakan sumber daya listrik utama yang berasal dari instalasi listrik toko. Untuk menjaga kontinuitas operasional saat terjadi pemadaman listrik, lokasi penelitian telah dilengkapi dengan generator (genset) yang dapat digunakan sebagai sumber daya alternatif. Dengan adanya generator tersebut, sistem keamanan tetap dapat beroperasi setelah pasokan listrik utama dialihkan ke sumber daya cadangan. Namun, waktu perpindahan sumber daya masih bergantung pada proses pengaktifan generator sehingga sistem dapat mengalami jeda operasional sesaat ketika terjadi pemadaman listrik.

2.5 Penanganan Gangguan Jaringan

Kinerja sistem sangat bergantung pada ketersediaan jaringan GSM dan koneksi internet. Modul SIM800L memerlukan sinyal GSM yang memadai untuk melakukan panggilan telepon, sedangkan pengiriman foto melalui Telegram memerlukan akses internet yang stabil. Apabila terjadi gangguan jaringan GSM, notifikasi telepon tidak dapat diterima oleh pengguna. Demikian pula, apabila koneksi internet mengalami gangguan, proses pengiriman foto melalui Telegram tidak dapat dilakukan. Pada penelitian ini belum diterapkan mekanisme khusus untuk mengatasi kegagalan jaringan, sehingga keberhasilan pengiriman notifikasi bergantung pada kualitas jaringan yang tersedia di lokasi pemasangan sistem.

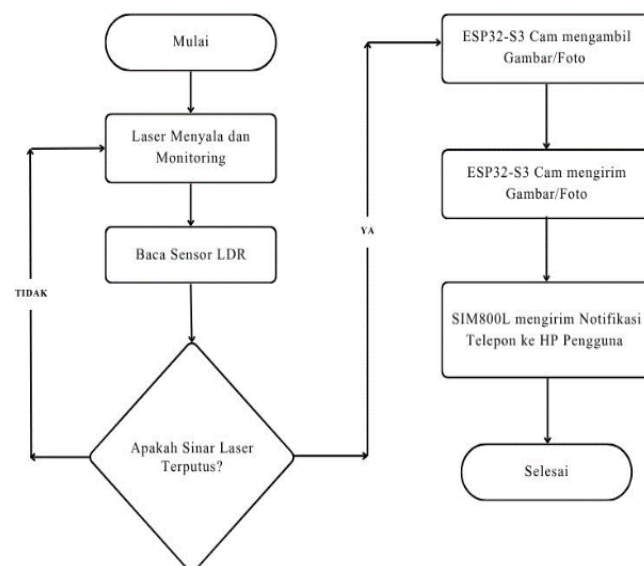
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Communication

Pada tahap ini dilakukan komunikasi untuk memahami permasalahan yang ada serta menentukan solusi yang akan dikembangkan. proses komunikasi dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan sistem keamanan berbasis laser yang mampu memberikan notifikasi jarak jauh kepada pengguna. Permasalahan yang ditemukan adalah sistem keamanan konvensional yang masih terbatas pada alarm lokal tanpa notifikasi *real-time*. Oleh karena itu, ditentukan kebutuhan sistem seperti kemampuan mendeteksi pemutusan sinar laser menggunakan sensor LDR, pengolahan data menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 Cam, serta pengiriman notifikasi berupa SMS dan panggilan telepon melalui modul SIM800L. Selain itu, ditentukan pula batasan sistem seperti penggunaan komponen berbiaya rendah, jangkauan komunikasi bergantung pada jaringan GSM, serta sistem difokuskan pada deteksi objek yang memutus sinar laser.

3.2 Quick Plan

Tahapan ini bertujuan untuk menyusun kerangka dasar rancangan sistem, termasuk pemilihan komponen utama, penentuan alur kerja, serta desain fungsi-fungsi dasar dari prototipe. Untuk memperjelas alur sistem yang akan dikembangkan, pada poin ini juga ditambahkan gambar Flowchart sebagai diagram alur kerja sistem yang menggambarkan langkah-langkah proses sistem keamanan menggunakan laser dan sensor LDR pada toko Vape GHZ. Flowchart dapat dilihat pada gambar 10.

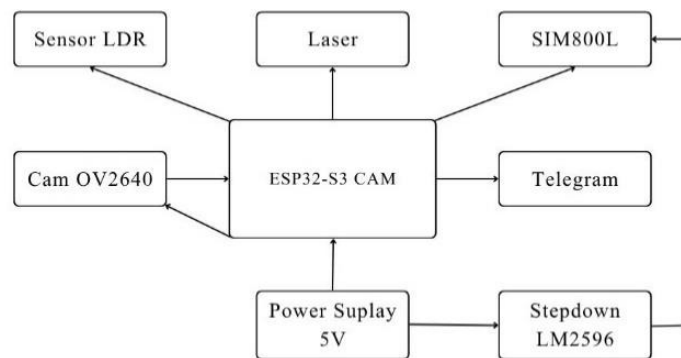


Gambar 10. Flowchart *Quick Plan*

3.3 Modeling Quick Design

Dalam penelitian ini, tahap *modeling/quick design* adalah pembuatan model awal sistem yang menggambarkan hubungan antara komponen utama seperti ESP32-S3 Cam, sensor LDR, laser, dan modul SIM800L. tahapan ini bertujuan untuk mengubah kebutuhan pengguna dan rencana sistem yang telah dikumpulkan pada tahap *Communication* dan *Quick Plan*

menjadi bentuk visual dan struktural yang lebih konkrit. Dengan adanya perancangan ini, pengguna dapat memahami cara kerja sistem sebelum dilakukan proses implementasi. Diagram rancangan sistem yang menunjukkan keterkaitan antar komponen dan alur kerja sistem ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Rancangan Sistem

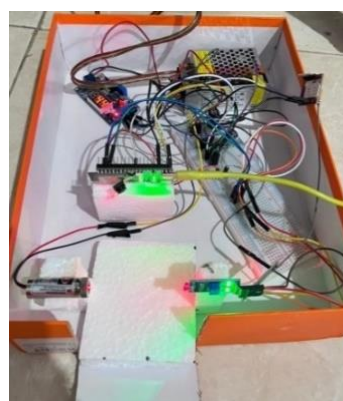
3.4 Construction of Prototype

Tahapan ini bertujuan untuk merealisasikan sistem yang telah dirancang sebelumnya menjadi dalam bentuk fisik. Tahap dilakukan dengan merakit seluruh komponen seperti ESP32-S3 Cam, sensor LDR, laser, dan modul SIM800L menggunakan breadboard dan kabel jumper. Selanjutnya dilakukan pemrograman pada ESP32-S3 Cam untuk mengatur proses pembacaan sensor LDR, pengolahan data, serta pengiriman notifikasi berupa telepon melalui modul SIM800L dan pengiriman foto ke pengguna atau pemilik toko GHZ.



Gambar 12. Prototype dari sisi depan

Pada Gambar 12 ditunjukkan tampilan prototype sistem keamanan dari sisi depan. Pada bagian ini terlihat susunan komponen utama seperti sensor LDR, laser, ESP32-S3 Cam, serta modul SIM800L yang telah dirangkai menggunakan breadboard dan kabel jumper. Laser diarahkan secara sejajar menuju sensor LDR sehingga sistem dapat mendeteksi adanya objek yang memutus sinar laser. Ketika sinar laser terhalang, sensor LDR akan mengirimkan perubahan data ke ESP32-S3 Cam untuk diproses sebagai indikator adanya gangguan keamanan.



Gambar 13. Prototype dari sisi atas



Sedangkan pada Gambar 13 ditunjukkan tampilan prototype dari sisi atas. Dari tampilan tersebut terlihat hubungan antar komponen dan jalur pengkabelan sistem secara keseluruhan. ESP32-S3 Cam berfungsi sebagai pusat pengendali yang mengatur proses pembacaan sensor, pengolahan data, pengiriman notifikasi telepon melalui modul SIM800L, serta pengiriman foto melalui Telegram. Seluruh komponen dirancang dalam satu rangkaian agar sistem dapat bekerja secara otomatis dan *real-time* ketika mendeteksi gangguan keamanan.

3.5 Pengujian Alat

Metode uji coba pada penelitian ini dilakukan sama seperti pada metode prototyping. Pengujian dilakukan secara bertahap dengan mensimulasikan kondisi nyata berdasarkan kebutuhan sistem yang telah dianalisis sebelumnya. Pengujian dimulai dari kondisi normal, yaitu ketika sinar laser mengenai sensor LDR secara stabil dan tidak memberikan respon sama sekali. Selanjutnya dilakukan pengujian pada kondisi gangguan yaitu memutuskan sinar laser menggunakan objek tertentu. Ketika sinar laser terputus, sensor LDR akan mendeteksi perubahan intensitas cahaya dan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler ESP32-S3 Cam. Sistem kemudian memproses data tersebut kemudian mengaktifkan modul SIM800L untuk mengirimkan notifikasi berupa telepon kepada pengguna, dan juga kamera pada ESP32-S3 Cam akan mengambil gambar secara otomatis dan mengirimkannya melalui Telegram sebagai bukti visual kondisi di lokasi. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali untuk memastikan konsistensi sistem dalam mendeteksi adanya pemutusan sinar laser, kecepatan respon, serta keberhasilan pengiriman notifikasi. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam merespons setiap gangguan. Penggunaan laser sebagai alat deteksi dinilai efektif karena mampu menghasilkan sinar yang fokus dan stabil, sehingga setiap perubahan intensitas cahaya akibat objek yang melintas dapat dideteksi secara akurat oleh sensor LDR tanpa terpengaruh oleh cahaya sekitar secara signifikan. Selain itu, kestabilan catu daya dari Power Supply Unit (PSU) memastikan seluruh komponen elektronik, terutama modul kamera dan GSM, dapat bekerja secara optimal saat melakukan proses pengiriman data secara simultan.

Tabel 1. Tabel Hasil Pengujian Sistem Keamanan Laser

No	Percobaan	Detik	Status Telepon	Foto Telegram
1	Uji 1	8.1	Berhasil	Terkirim
2	Uji 2	7.8	Berhasil	Terkirim
3	Uji 3	8.3	Berhasil	Terkirim
4	Uji 4	7.9	Berhasil	Terkirim
5	Uji 5	8.0	Berhasil	Terkirim
6	Uji 6	8.2	Berhasil	Terkirim
7	Uji 7	7.7	Berhasil	Terkirim
8	Uji 8	8.4	Berhasil	Terkirim
9	Uji 9	7.9	Berhasil	Terkirim
10	Uji 10	7.7	Gagal	Terkirim

Dari hasil pengujian pada tabel 1 diperoleh waktu rata rata deteksi selama 8 detik. Waktu respon rata-rata sebesar 8 detik dipengaruhi oleh beberapa proses yang terjadi secara berurutan, yaitu deteksi perubahan intensitas cahaya oleh sensor LDR, pemrosesan data oleh ESP32-S3 Cam, proses inisialisasi modul SIM800L, serta pengiriman notifikasi panggilan telepon melalui jaringan GSM. Dari seluruh tahapan tersebut, proses komunikasi jaringan GSM menjadi faktor yang paling memengaruhi lamanya waktu respon sistem dibandingkan proses deteksi sensor yang berlangsung relatif cepat. Nilai rata rata waktu respon dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah Seluruh Waktu}}{\text{Jumlah Percobaan}} \quad (1)$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{80}{10} = 8 \text{ Detik}$$

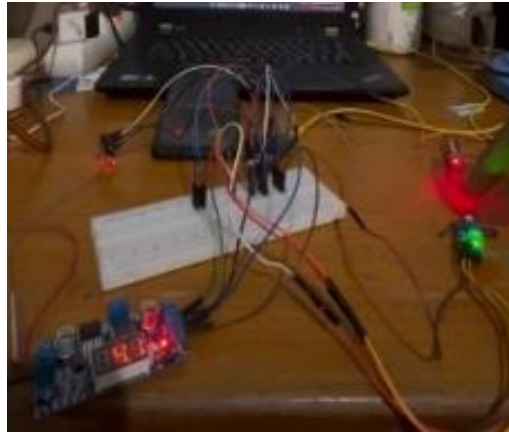
$$\text{Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah Berhasil}}{\text{Jumlah Percobaan}} \times 100\%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{9}{10} \times 100\%$$

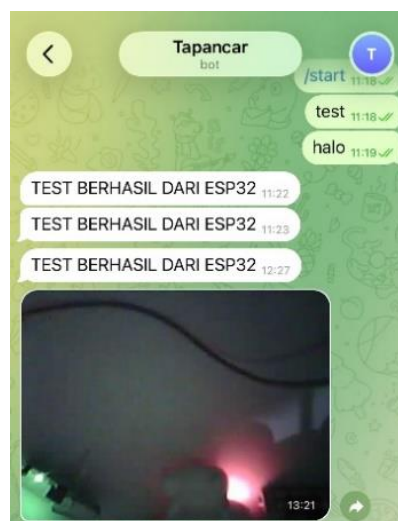
$$= 90\%$$

Jadi diketahui bahwa keberhasilan sistem keamanan laser-LDR adalah 90%. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dan sebagai dasar dalam melakukan perbaikan atau penyempurnaan.

Pada Gambar 14 ditunjukkan proses pengujian notifikasi telepon menggunakan modul SIM800L. Ketika sinar laser terputus dan sensor LDR mendeteksi adanya gangguan, ESP32-S3 Cam akan mengirimkan perintah kepada modul SIM800L untuk mengirim notifikasi panggilan telepon secara otomatis kepada pengguna. Pengujian ini menunjukkan bahwa modul SIM800L mampu bekerja dengan baik dalam mengirimkan notifikasi jarak jauh sebagai peringatan dini terhadap gangguan keamanan.



Gambar 14. Notifikasi Telepon



Gambar 15. Pengiriman Foto melalui Telegram

Pada Gambar 15 ditunjukkan hasil pengiriman foto melalui Telegram setelah sistem mendeteksi gangguan keamanan. ESP32-S3 Cam secara otomatis mengambil gambar kondisi lokasi kemudian mengirimkannya ke akun Telegram pengguna secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fitur pengiriman foto dapat berjalan dengan baik sehingga pemilik toko Vape GHZ dapat mengetahui kondisi lokasi secara visual ketika terjadi gangguan keamanan.

3.6 Diskusi Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem keamanan laser berbasis Internet of Things yang dikembangkan mampu menjalankan fungsi deteksi upaya pencurian, notifikasi telepon, dan pengiriman bukti visual secara otomatis dengan rata-rata waktu respon sebesar 8 detik, tingkat keberhasilan notifikasi telepon sebesar 90%, dan tingkat keberhasilan pengiriman foto melalui Telegram sebesar 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan sensor laser dan LDR mampu mendeteksi objek yang melintas secara konsisten melalui mekanisme pemutusan sinar laser. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya yang memanfaatkan teknologi laser sebagai media deteksi intrusi[6]. Dibandingkan dengan penelitian yang menggunakan sensor gerak dan ESP32-CAM[4], sistem yang dikembangkan pada penelitian ini memiliki keunggulan berupa deteksi yang lebih terarah karena hanya merespon objek yang memutus jalur sinar laser sehingga dapat mengurangi potensi false alarm akibat perubahan kondisi lingkungan. Selain itu, penelitian ini tidak hanya memanfaatkan kamera sebagai media monitoring seperti pada penelitian sebelumnya[5], tetapi juga mengintegrasikan notifikasi telepon melalui SIM800L dan pengiriman foto melalui Telegram dalam satu sistem. Penggunaan modul GSM sebagai media notifikasi juga mendukung temuan penelitian terdahulu[7], namun penelitian ini memberikan pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan bukti visual secara real-time sehingga pengguna memperoleh informasi yang lebih lengkap ketika terjadi gangguan keamanan. Meskipun demikian, waktu respon rata-rata sebesar 8 detik dan tingkat keberhasilan notifikasi telepon sebesar 90% menunjukkan bahwa kinerja sistem masih dipengaruhi oleh kualitas jaringan GSM dan koneksi internet yang digunakan. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi sensor laser-LDR, ESP32-S3 Cam, SIM800L, dan Telegram mampu menghasilkan sistem keamanan yang efektif dalam memberikan peringatan dini dan informasi visual secara jarak jauh, sekaligus menjadi kontribusi penelitian dalam pengembangan sistem keamanan berbasis Internet of Things yang sederhana, ekonomis, dan mudah diimplementasikan.



4. KESIMPULAN

Sistem keamanan ini berhasil mengintegrasikan ESP32-S3 Cam dengan modul SIM800L dan sensor LDR, di mana pemrograman dilakukan untuk mengatur proses pembacaan sensor, pengolahan data, serta pengiriman notifikasi berupa telepon dan foto ke pengguna atau pemilik toko GHZ. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki rata-rata waktu respon sebesar 8 detik, tingkat keberhasilan notifikasi telepon sebesar 90%, dan tingkat keberhasilan pengiriman foto melalui Telegram sebesar 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tujuan penelitian untuk membangun sistem keamanan yang mampu memberikan peringatan dini dan informasi visual secara jarak jauh telah tercapai. Kontribusi penelitian ini terletak pada keberhasilan mengintegrasikan deteksi intrusi berbasis laser-LDR, notifikasi telepon melalui SIM800L, dan pengiriman bukti visual menggunakan ESP32-S3 Cam dalam satu sistem keamanan berbasis Internet of Things yang mampu memberikan peringatan dini secara real-time. Penerapan metode prototyping dalam pengembangan ini terbukti efektif karena memungkinkan proses iterasi yang cepat serta evaluasi langsung terhadap kinerja sistem, sehingga kebutuhan fitur keamanan dapat disesuaikan dengan kondisi riil di lapangan. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa sistem keamanan berbasis laser dan sensor LDR berhasil dirancang dan dibangun menggunakan ESP32-S3 Cam sebagai pengendali utama sehingga mampu mendeteksi otomatis adanya gangguan atau upaya pencurian pada toko. Pemutusan sinar laser yang mengenai LDR terbukti efektif sebagai pemicu (trigger) untuk menjalankan proses pengambilan gambar pada ESP32-S3 Cam. Selain itu, sistem juga berhasil mengintegrasikan modul komunikasi SIM800L sehingga dapat memberikan notifikasi berupa telepon kepada pemilik ketika terjadi pemutusan sinar laser. Penggunaan laser sebagai alat deteksi menunjukkan stabilitas yang baik dalam menghasilkan sinar yang fokus, sehingga setiap perubahan intensitas cahaya akibat objek yang melintas dapat dideteksi secara akurat oleh sensor LDR tanpa terpengaruh oleh cahaya sekitar secara signifikan. Dengan demikian sistem ini dinilai layak dikembangkan lebih lanjut untuk implementasi nyata dengan peningkatan pada kestabilan suplai daya, optimasi sensor, dan penambahan fitur notifikasi lainnya. Penulis menyadari bahwa karya ini masih memiliki keterbatasan seperti, sistem masih bergantung pada kualitas jaringan GSM dan koneksi internet. Selain itu, metode deteksi laser-LDR hanya mampu mendeteksi objek yang memutus jalur sinar laser sehingga area pengawasan masih terbatas pada lintasan yang telah ditentukan. Oleh karena itu sistem ini dapat terus dikembangkan, misalnya dengan penambahan fitur pengenalan wajah untuk meningkatkan akurasi identifikasi penyusup.

REFERENCES

- [1] M. P. Putra Pratama dan M. Martias, "Alat Keamanan Menggunakan Sensor Gerak Dengan ESP32 Cam Berbasis Iot," *INSANtek*, vol. 4, no. 2, 2023, doi: 10.31294/insantek.v4i2.2117.
- [2] A. Hanafie, Kamal, dan R. Ramadhan, "Perancangan Alat Pendeteksi Gerak Sebagai Sistem Keamanan Menggunakan ESP32 CAM Berbasis IoT," *Jurnal Teknologi dan Komputer (JTEK)*, vol. 2, no. 02, 2022, doi: 10.56923/jtek.v2i02.101.
- [3] M. A. Mubarak, F. Fattah, dan H. Azis, "Prototipe Smart Home Berbasis ESP32 dengan Fitur Keamanan Pintu, Lampu, dan AC Otomatis Berbasis IoT," *LINIER: Literatur Informatika dan Komputer*, vol. 2, no. 3, 2025, doi: 10.33096/linier.v2i3.3152.
- [4] M. W. Aryadi, I. K. R. Arthana, dan P. H. Suputra, "Smart Lock System Berbasis Iot Menggunakan Esp32 Untuk Keamanan Akses Pusat Data (Studi Kasus: Upa Tik Undiksha)," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 14, no. 1, Jan 2026, doi: 10.23960/jitet.v14i1.8826.
- [5] C. INFORMATIKA, Nurul Imamah, Sutiyono WP, dan Ari Reynaldi, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Monitoring Keamanan Toko Berbasis Internet Of Things (Iot) Dengan Menggunakan Mikrokontroler Esp32-Cam (Studi Kasus Di Toko Stelios Aquatic)," *COMPUTING | Jurnal Informatika*, vol. 9, no. 02, hlm. 70–79, Des 2022, doi: 10.55222/computing.v9i02.1025.
- [6] Riyadhul Fajri, Z. Zulkifli, dan D. Prananda, "Theft Detection System Using Laser Based on Arduino Uno," *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, vol. 10, no. 1, hlm. 120–124, Mei 2026, doi: 10.29103/sisfo.v10i1.26938.
- [7] L. Tyanggoro, Totok Winarno, dan Ratna Ika Putri, "Kontrol Tegangan Catu Daya Pada Mobile Robot Menggunakan Synchronous Buck Converter," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 11, no. 1, 2024, doi: 10.33795/elkolind.v11i1.3594.
- [8] H. Syafutra, T. M. N. Aziz, I. Novianty, I. Irmansyah, M. Chusnu, dan D. Prayoga, "Implementasi Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis Face Recognition di Proactive Robotic: Integrasi ESP32-Cam dan Telegram," *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, vol. 4, no. 2, hlm. 65–74, Jun 2024, doi: 10.33019/jrfi.v4i2.5380.
- [9] M. W. Aryadi, I. K. R. Arthana, dan P. H. Suputra, "Smart Lock System Berbasis Iot Menggunakan Esp32 Untuk Keamanan Akses Pusat Data (STUDI KASUS: UPA TIK UNDIKSHA)," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 14, no. 1, 2026, doi: 10.23960/jitet.v14i1.8826.
- [10] Riyadhul Fajri, Z. Zulkifli, dan D. Prananda, "Theft Detection System Using Laser Based on Arduino Uno," *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, vol. 10, no. 1, hlm. 120–124, Mei 2026, doi: 10.29103/sisfo.v10i1.26938.
- [11] Y. Seftiani, "Prototype Alat Pengaman Sepeda Motor Berbasis Arduino Uno Terintegrasi GPS, Notifikasi dan Kontrol Melalui SMS," *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, vol. 10, no. 1, hlm. 1–10, Mei 2024, doi: 10.35143/elementer.v10i1.6255.
- [12] F. Fahrizal, D. Y. Novita, dan T. A. Tutupoly, "Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT dengan Pengenalan Wajah Manusia dan Hewan Peliharaan Secara Real-Time," *Jurnal Infotech*, vol. 7, no. 2, hlm. 178–182, Des 2025, doi: 10.31294/infotech.v7i2.11409.
- [13] G. Fitri Soffi Aulia dan K. Arissantoso, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Roda Empat (Mobil) Berbasis Thingsboard Dengan Mikrokontroler Esp32," *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan)*, vol. 7, no. 2, hlm. 175–181, Mar 2024, doi: 10.47970/siskom-kb.v7i1.594.
- [14] N. C. J. -, "Prototipe Sistem Penjemur Pakaian Otomatis Berbasis Iot Dengan Pemantauan Visual Esp32-Cam Dan Kendali Aplikasi Mobile," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 14, no. 1, Jan 2026, doi: 10.23960/jitet.v14i1.8846.



- [15] N. P. Simanjuntak, M. A. Rahman, A. N. Pratama, S. Stelyven, dan A. Yulianto, "Perancangan dan Implementasi Sistem Keamanan Kendaraan Berbasis IoT Menggunakan ESP32, FastAPI, dan Aplikasi Android," *Telcomatics*, vol. 10, no. 1, hlm. 73–81, Jul 2025, doi: 10.37253/telcomatics.v10i1.10870.
- [16] Suradi, A. Martani, I. Arfiani, dan Sarli, "Perancangan Sistem Pintu Otomatis Menggunakan ESP32CAM," *Jurnal Teknologi dan Komputer (JTEK)*, vol. 2, no. 01, Jun 2022, doi: 10.56923/jtek.v2i01.60.
- [17] H. Syafutra, T. M. N. Aziz, I. Novianty, I. Irmansyah, M. Chusnu, dan D. Prayoga, "Implementasi Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis Face Recognition di Proactive Robotic: Integrasi ESP32-Cam dan Telegram," *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, vol. 4, no. 2, hlm. 65–74, Jun 2024, doi: 10.33019/jrfi.v4i2.5380.
- [18] Q. H. Hidayah, R. P. Laksana, A. Prabowo, dan D. S. Simatupang, "IoT-Based Home Security System: ESP32-CAM Integration and Real-Time Notification," *International Transactions on Education Technology (ITEE)*, vol. 4, no. 2, hlm. 149–161, Mei 2026, doi: 10.33050/itee.v4i2.956.
- [19] J. Nannung, A. Sa'ban Miru, Muliadi, dan Gunawan, "Development of an IoT-Based Home Security System Prototype Using Multisensors and ESP32-CAM," *Journal of Embedded Systems, Security and Intelligent Systems*, hlm. 168–177, Jun 2025, doi: 10.59562/jessi.v6i2.8456.
- [20] A. Hanafie, Kamal, dan R. Ramadhan, "Perancangan Alat Pendeteksi Gerak Sebagai Sistem Keamanan Menggunakan ESP32 CAM Berbasis IoT," *Jurnal Teknologi dan Komputer (JTEK)*, vol. 2, no. 02, hlm. 142–148, Des 2022, doi: 10.56923/jtek.v2i02.101.