Smart security Berbasis *IoT* dengan Deteksi Intrusi dan Pengiriman Foto Otomatis di Kantor Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Tulungagung

Himawan Wahyu Triadi[1], Abdi Pandu Kusuma[2], Sabitul Kirom[3]
Program Studi Sistem Komputer, Universitas Islam Balitar Blitar
e-mail: himawanwahyutriadi@gmail.com[1], pans.uib1blitar@gmail.com[2], sabitulkirom@gmail.com[3]

Kata Kunci:

Internet of Things (IoT)
Smart security
Sensor PIR
ESP32-CAM
Telegram Bot

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mendeteksi intrusi serta mengirimkan foto secara real-time melalui aplikasi Telegram. Sistem ini dikembangkan sebagai solusi atas keterbatasan sistem keamanan konvensional di Kantor Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol) Kabupaten Tulungagung yang belum mampu memberikan notifikasi otomatis. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan tahapan meliputi identifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan, pembuatan, pengujian, serta revisi produk. Sistem memanfaatkan sensor PIR untuk mendeteksi gerakan, ESP32-CAM untuk pengolahan data dan pengambilan gambar, buzzer sebagai alarm, serta Telegram Bot sebagai media notifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi gerakan, mengambil gambar secara otomatis, dan mengirimkan notifikasi dengan waktu respons kurang dari 8 detik. Validasi ahli menunjukkan nilai rata-rata 90% dengan kategori sangat valid, sehingga sistem dinyatakan layak digunakan. Sistem ini memberikan solusi keamanan yang efektif dan mendukung pemantauan secara real-time.

Keyword:

Internet of Things (IoT)
Smart security
PIR Sensor
ESP32-CAM
Telegram Bot

ABSTRACT

This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based security system capable of detecting intrusions and sending images in real-time via the Telegram application. The system was developed to address the limitations of conventional security systems at the Regional Office of the National Unity and Political Agency (Bakesbangpol) of Tulungagung Regency, which are not yet able to provide automatic notifications. The research method used is Research and Development (R&D), consisting of stages such as problem identification, data collection, design, development, testing, and revision. The system utilizes a PIR sensor to detect motion, an ESP32-CAM for data processing and image capture, a buzzer as an alarm, and a Telegram Bot as the notification medium. The results show that the system can detect motion, capture images automatically, and send notifications within less than 8 seconds. Expert validation achieved an average score of 90%, categorized as very valid, indicating that the system is feasible for implementation. This system provides an effective security solution and supports real-time monitoring.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong transformasi berbagai sektor, termasuk dalam bidang keamanan lingkungan perkantoran. Penerapan teknologi digital tidak hanya berfokus pada peningkatan efisiensi administrasi, tetapi juga diarahkan untuk meningkatkan sistem pengamanan aset, dokumen, serta fasilitas pendukung operasional instansi pemerintah. Keamanan lingkungan kerja merupakan salah satu aspek yang berpengaruh terhadap keberlangsungan pelayanan publik karena berkaitan dengan perlindungan terhadap aset negara, kerahasiaan dokumen, serta keselamatan aparatur sipil negara dalam menjalankan tugasnya. Seiring meningkatnya kompleksitas ancaman keamanan, sistem pengamanan konvensional yang masih mengandalkan pengawasan manual dinilai belum mampu memberikan respons secara cepat terhadap berbagai potensi gangguan yang terjadi.

Kantor Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol) Kabupaten Tulungagung merupakan salah satu organisasi perangkat daerah yang memiliki tugas strategis dalam penyelenggaraan urusan pemerintahan di bidang kesatuan bangsa, politik dalam negeri, serta kewaspadaan nasional. Aktivitas operasional instansi tersebut melibatkan pengelolaan berbagai dokumen penting, data kelembagaan, arsip, serta inventaris yang memiliki nilai strategis bagi penyelenggaraan pemerintahan daerah. Berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan petugas keamanan, sistem pengamanan yang diterapkan masih didominasi oleh penggunaan kamera pengawas (CCTV), patroli petugas keamanan, serta penguncian ruangan secara manual. Meskipun metode tersebut mampu memberikan tingkat keamanan dasar, sistem yang digunakan belum mampu memberikan deteksi intrusi secara otomatis maupun notifikasi secara langsung kepada petugas ketika terjadi aktivitas mencurigakan di area pengamanan. Kondisi tersebut menyebabkan proses identifikasi kejadian masih bergantung pada pemantauan CCTV secara terus-menerus atau pemeriksaan rekaman setelah kejadian berlangsung sehingga respons terhadap potensi gangguan keamanan menjadi kurang optimal.

Perkembangan konsep *Internet of Things (IoT)* memberikan peluang yang sangat besar dalam pengembangan sistem keamanan cerdas (*smart security*). *Internet of Things* merupakan konsep integrasi berbagai perangkat fisik yang dilengkapi sensor, aktuator, mikrokontroler, dan konektivitas internet sehingga mampu melakukan proses akuisisi data, komunikasi, pengendalian, serta pengambilan keputusan dapat bekerja secara otomatis tanpa keterlibatan langsung dari pengguna secara langsung. Teknologi ini telah banyak diterapkan pada berbagai bidang, seperti *smart home, smart city, smart agriculture, smart healthcare*, hingga sistem keamanan berbasis jaringan. Keunggulan utama *IoT* terletak pada kemampuannya menyediakan pemantauan secara real-time, komunikasi dua arah, otomatisasi proses, serta pengiriman informasi secara cepat kepada pengguna melalui jaringan internet. Dengan karakteristik tersebut, *IoT* menjadi salah satu teknologi

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

yang relevan untuk diterapkan pada sistem keamanan perkantoran karena mampu meningkatkan efektivitas pengawasan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pengawasan manual.

Salah satu implementasi *IoT* yang berkembang pesat adalah sistem deteksi intrusi *(intrusion detection system)*. Pada sistem ini, berbagai sensor digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek atau aktivitas manusia yang tidak diinginkan pada area tertentu. *Sensor Passive Infrared* (PIR) merupakan salah satu sensor yang paling banyak digunakan karena memiliki kemampuan mendeteksi adanya perubahan radiasi inframerah yang berasal dari tubuh manusia dengan konsumsi daya relatif rendah serta biaya implementasi yang ekonomis. Ketika sensor mendeteksi adanya perubahan radiasi panas yang melebihi ambang batas tertentu, sensor akan menghasilkan sinyal digital yang selanjutnya diproses oleh mikrokontroler untuk menjalankan tindakan tertentu, seperti mengaktifkan alarm, mengambil gambar, atau mengirimkan notifikasi kepada pengguna. Integrasi sensor PIR dengan modul ESP32-CAM memungkinkan sistem tidak hanya mendeteksi keberadaan objek, tetapi juga menghasilkan dokumentasi visual berupa foto sebagai bukti kejadian sehingga informasi yang diterima petugas keamanan menjadi lebih lengkap.

Pemanfaatan ESP32-CAM dalam sistem keamanan berbasis *IoT* semakin banyak dikembangkan karena perangkat ini telah mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, modul kamera OV2640, serta konektivitas Wi-Fi dalam satu perangkat dengan ukuran yang ringkas dan biaya implementasi yang relatif rendah. Dibandingkan penggunaan komputer mini seperti Raspberry Pi, ESP32-CAM memiliki kebutuhan daya yang lebih kecil sehingga lebih sesuai diterapkan pada sistem keamanan skala kecil maupun menengah. Selain itu, integrasi dengan berbagai platform komunikasi berbasis internet, seperti Telegram Bot, memungkinkan pengiriman foto dan notifikasi secara langsung kepada pengguna tanpa memerlukan server khusus maupun infrastruktur komputasi yang kompleks. Kemudahan integrasi tersebut menjadi salah satu faktor penting dalam pengembangan sistem keamanan yang ekonomis namun tetap memiliki kemampuan pemantauan secara real-time.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa implementasi *IoT* mampu meningkatkan efektivitas sistem keamanan. Arifin dan Setiawan (2024) mengembangkan sistem keamanan rumah berbasis *IoT* menggunakan sensor PIR dengan notifikasi Telegram, namun sistem yang dikembangkan belum menyediakan dokumentasi visual berupa foto. Lauma dan Papilaya (2024) memanfaatkan sensor PIR dan ESP32-CAM untuk mendeteksi intrusi, tetapi hasil deteksi hanya dikirimkan ke *server web* tanpa adanya notifikasi langsung kepada pengguna. Siregar dan Hidayat (2023) mengembangkan sistem keamanan menggunakan ESP32-CAM dengan pengiriman foto melalui Telegram, sedangkan Rahmadani dan Fadhilah (2023) mengimplementasikan sensor PIR dan kamera untuk keamanan ruangan, namun belum mendukung mekanisme notifikasi secara real-time. Penelitian Nasrullah dan Prasetyo (2024) menambahkan *sensor reed switch* sebagai pendukung deteksi, tetapi sistem yang dikembangkan belum menyediakan bukti visual hasil deteksi. Sementara itu, Kumar dan Singh (2022) mengembangkan sistem keamanan *IoT* berbiaya rendah menggunakan layanan *cloud* AWS sebagai media komunikasi antara perangkat dan pengguna.

Copyright © SENASIF 2026

ISSN: 2598-0076

Meskipun berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi *IoT* mampu meningkatkan efektivitas sistem keamanan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada implementasi di lingkungan rumah tinggal (*smart home*). Selain itu, beberapa penelitian hanya memanfaatkan sensor gerak tanpa didukung dokumentasi visual, sedangkan penelitian lainnya memerlukan infrastruktur *cloud* yang relatif kompleks sehingga kurang sesuai diterapkan pada instansi pemerintah yang membutuhkan sistem sederhana, mudah dioperasikan, dan berbiaya rendah. Implementasi sistem keamanan berbasis *IoT* pada lingkungan perkantoran pemerintah, khususnya pada ruang penyimpanan aset dan dokumen penting, juga masih relatif terbatas sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan operasional instansi pemerintah.

Berdasarkan kajian tersebut, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) pada aspek implementasi sistem keamanan berbasis *IoT* yang mampu mengintegrasikan deteksi intrusi, pengambilan foto otomatis, alarm lokal, dan pengiriman notifikasi secara real-time dalam satu sistem yang sederhana, ekonomis, serta mudah diimplementasikan pada lingkungan kantor pemerintah. Penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut melalui pengembangan sistem *Smart security* berbasis *Internet of Things* menggunakan sensor PIR digunakan untuk mendeteksi pergerakan pemroses sekaligus kamera, buzzer sebagai alarm lokal, serta Telegram Bot sebagai media pengiriman notifikasi dan dokumentasi visual kepada petugas keamanan. Penggunaan Telegram dipilih karena tidak memerlukan server *cloud* khusus, memiliki waktu respons yang cepat, mudah diintegrasikan menggunakan Bot API, serta dapat diakses secara langsung melalui perangkat bergerak yang dimiliki petugas keamanan.

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada penerapan sistem keamanan *IoT* yang secara khusus dikembangkan untuk mendukung pengamanan gudang penyimpanan aset di Kantor Bakesbangpol Kabupaten Tulungagung dengan mengintegrasikan fungsi deteksi intrusi, pengambilan foto otomatis, alarm lokal, serta pengiriman notifikasi real-time melalui Telegram dalam satu platform yang sederhana dan berbiaya rendah. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya menggunakan *cloud computing* atau hanya diterapkan pada *smart home*, penelitian ini menyesuaikan rancangan sistem dengan kebutuhan operasional instansi pemerintah sehingga lebih aplikatif dan mudah diimplementasikan sebagai bagian dari transformasi digital sektor publik.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem *Smart security* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu mendeteksi intrusi secara otomatis, mengambil foto ketika terjadi pergerakan pada area pengamanan, serta mengirimkan notifikasi beserta dokumentasi visual kepada petugas keamanan melalui aplikasi Telegram secara real-time. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif solusi pengamanan yang efektif, efisien, ekonomis, dan mendukung peningkatan kualitas sistem keamanan pada lingkungan instansi pemerintah.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang bertujuan menghasilkan sekaligus menguji kelayakan produk berupa sistem *Smart security* berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk mendeteksi intrusi dan mengirimkan foto secara otomatis di Kantor Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol) Kabupaten Tulungagung. Pendekatan R&D dipilih karena sesuai dengan karakteristik penelitian yang tidak hanya melakukan analisis terhadap suatu fenomena, tetapi juga menghasilkan produk berupa perangkat keras dan perangkat lunak yang dapat diterapkan secara langsung pada lingkungan kerja.

Model pengembangan yang digunakan mengacu pada tahapan *Research and Development* menurut Sugiyono yang dimodifikasi menjadi delapan tahapan, yaitu: (1) identifikasi potensi dan masalah, (2) pengumpulan data, (3) perancangan produk, (4) pembuatan prototipe, (5) uji coba produk, (6) revisi produk, (7) uji coba pemakaian, dan (8) revisi produk akhir. Tahap produksi massal tidak dilakukan karena penelitian ini difokuskan pada pengembangan dan validasi satu prototipe fungsional yang diimplementasikan pada ruang penyimpanan aset di Kantor Bakesbangpol Kabupaten Tulungagung.

Objek penelitian adalah sistem keamanan ruangan berbasis *IoT* yang terdiri atas sensor *Passive Infrared* (PIR) sebagai pendeteksi gerakan, modul ESP32-CAM sebagai mikrokontroler sekaligus kamera, buzzer sebagai alarm lokal, serta Telegram Bot sebagai media pengiriman notifikasi dan foto secara real-time. Variabel yang diamati dalam penelitian meliputi kemampuan sistem dalam mendeteksi gerakan, waktu respons pengiriman notifikasi, keberhasilan pengambilan foto otomatis, keberhasilan pengiriman foto melalui Telegram, serta tingkat kelayakan sistem berdasarkan hasil validasi ahli dan pengguna.

Penelitian dilaksanakan di Kantor Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Tulungagung pada periode Desember 2025 hingga Juli 2026. Lokasi implementasi difokuskan pada ruang penyimpanan barang yang merupakan salah satu area dengan tingkat keamanan tinggi sehingga memerlukan sistem pemantauan otomatis.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara dengan petugas keamanan, serta pengujian langsung terhadap sistem yang dikembangkan. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi ruangan, titik pemasangan sensor, pola akses keluar-masuk, dan potensi gangguan keamanan. Wawancara dilakukan kepada petugas keamanan guna memperoleh informasi mengenai prosedur pengamanan, pembagian tugas, serta kebutuhan sistem keamanan yang diharapkan. Data sekunder diperoleh dari studi literatur, dokumentasi inventaris barang, serta berbagai jurnal ilmiah dan referensi yang berkaitan dengan *Internet of Things*, sistem keamanan, sensor PIR, ESP32-CAM, dan notifikasi berbasis Telegram.

Instrumen penelitian meliputi lembar observasi, pedoman wawancara, lembar validasi ahli, serta lembar penilaian pengguna. Selain itu, instrumen pengujian sistem berupa sensor PIR, modul ESP32-CAM, buzzer, *relay*, catu daya, jaringan Wi-Fi, dan aplikasi Telegram digunakan untuk

Copyright © SENASIF 2026

ISSN: 2598-0076

mengevaluasi performa prototipe. Validasi produk dilakukan oleh dua orang ahli yang memiliki kompetensi pada bidang perangkat keras dan pemrograman, sedangkan uji pengguna dilakukan oleh petugas yang bertanggung jawab terhadap keamanan lingkungan kantor.

Prosedur pengembangan sistem diawali dengan identifikasi kebutuhan berdasarkan hasil observasi dan wawancara. Selanjutnya dilakukan perancangan arsitektur sistem yang mengintegrasikan sensor PIR dengan ESP32-CAM melalui pemrograman menggunakan Arduino IDE. Ketika sensor mendeteksi adanya gerakan, ESP32-CAM secara otomatis mengaktifkan kamera untuk mengambil gambar, menghidupkan buzzer sebagai alarm lokal, kemudian mengirimkan foto beserta notifikasi melalui Telegram Bot menggunakan jaringan Wi-Fi. Setelah prototipe selesai dirancang, dilakukan pengujian terhadap setiap komponen, pengujian integrasi sistem, revisi apabila ditemukan kendala, serta uji coba pemakaian pada kondisi operasional sebenarnya di lokasi penelitian.

Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Data hasil pengujian sistem dianalisis berdasarkan tingkat keberhasilan deteksi gerakan, keberhasilan pengiriman notifikasi dan foto, serta waktu respons sistem sejak sensor mendeteksi gerakan hingga notifikasi diterima pada aplikasi Telegram. Data hasil validasi ahli dan pengguna dianalisis menggunakan teknik persentase untuk menentukan tingkat kelayakan produk. Persentase kelayakan dihitung dengan membandingkan jumlah skor yang diperoleh terhadap skor maksimum, kemudian dikonversikan ke dalam kategori penilaian. Produk dinyatakan layak apabila memperoleh nilai validitas minimal berada pada kategori valid, sehingga dapat digunakan sebagai sistem keamanan berbasis *Internet of Things* di lingkungan Kantor Bakesbangpol Kabupaten Tulungagung. Berdasarkan hasil pengujian, sistem memperoleh nilai validitas rata-rata sebesar 90% yang menunjukkan bahwa produk berada pada kategori sangat valid dan layak diimplementasikan sebagai media pendukung keamanan lingkungan kantor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

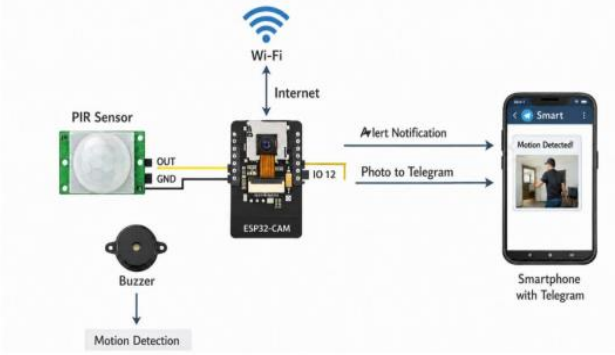
Hasil penelitian diperoleh melalui delapan tahapan *Research and Development* (R&D), yaitu identifikasi potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, pembuatan produk, uji coba produk, revisi produk, uji coba pemakaian, dan revisi produk akhir. Bagian ini menguraikan hasil identifikasi kebutuhan dan perancangan sistem, hasil pengujian komponen perangkat keras, hasil pengujian pengiriman notifikasi melalui Telegram Bot, serta hasil validasi ahli dan pengguna, yang selanjutnya dibahas dan dikaitkan dengan penelitian-penelitian terdahulu.

Hasil Identifikasi Kebutuhan dan Perancangan Sistem

Hasil observasi dan wawancara dengan petugas keamanan Kantor Bakesbangpol Kabupaten Tulungagung menunjukkan bahwa sistem keamanan yang digunakan masih bersifat konvensional, yaitu penjagaan manual, kunci mekanis, dan kamera CCTV yang bersifat pasif sehingga tidak memberikan peringatan otomatis maupun bukti visual secara langsung ketika terjadi intrusi. Berdasarkan temuan tersebut, teridentifikasi kebutuhan utama berupa deteksi intrusi otomatis,

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

notifikasi real-time kepada petugas, dokumentasi visual otomatis, alarm lokal, serta pemantauan jarak jauh tanpa harus berada di lokasi. Kebutuhan tersebut menjadi dasar perancangan arsitektur sistem yang mengintegrasikan sensor *Passive Infrared* (PIR) sebagai pendeteksi gerakan, ESP32-CAM sebagai pusat pemrosesan sekaligus pengambil gambar, buzzer sebagai alarm lokal, modul *relay* untuk kendali lampu indikator, serta Telegram Bot sebagai media notifikasi jarak jauh. Sistem diimplementasikan pada ruang gudang penyimpanan barang berukuran 3 m x 4 m dengan rencana jangkauan kamera sejauh 3-7 meter, sesuai dengan spesifikasi jangkauan sensor PIR yang digunakan. Berikut adalah rancangan sistem dari *smart security* yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Arsitektur Rancangan Sistem

Hasil Pengujian Sensor PIR dan ESP32-CAM

Pengujian dilakukan dengan memberikan stimulus berupa pergerakan objek pada berbagai jarak dan sudut di depan sensor PIR untuk mengukur akurasi deteksi, waktu respons sistem, serta kualitas foto yang dihasilkan ESP32-CAM. Rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor PIR dan ESP32-CAM

Parameter Uji	Kondisi	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Keterangan
Jarak deteksi PIR	10-100 cm	Terdeteksi	Terdeteksi	Valid
Sudut deteksi PIR	0-120 derajat	Terdeteksi	Terdeteksi	120 derajat batas maksimal spesifikasi
Waktu respons PIR ke ESP32-CAM	-	kurang dari sama dengan 2 detik	1-2 detik	Valid
Waktu pengambilan foto	-	kurang dari sama dengan 2 detik	1-2 detik	Valid
Kualitas foto	Siang/terang	Jelas	Jelas	Valid
Kualitas foto	Sore/redup	Jelas	Kurang optimal	Perlu lampu tambahan
Kualitas foto	Malam/gelap	Jelas	Gelap	Kamera tanpa night vision

Hasil pengujian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa sensor PIR mampu mendeteksi gerakan manusia secara konsisten pada jarak 10 cm hingga 100 cm dengan sudut deteksi hingga 120 derajat, sesuai dengan karakteristik sensor PIR yang memiliki jangkauan 3-7 meter dan sudut deteksi 90-120 derajat (Rahmadani & Fadhilah, 2023). Waktu respons sistem dari deteksi gerakan hingga pengambilan foto berkisar antara 1-2 detik, yang menunjukkan bahwa integrasi antara sensor PIR

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

dan ESP32-CAM dapat berjalan dengan baik. Adapun kualitas foto sangat dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan; hasil optimal diperoleh pada kondisi siang hari, sedangkan pada kondisi redup dan gelap kualitas foto menurun karena modul kamera OV2640 pada ESP32-CAM belum dilengkapi fitur night vision.

Hasil Pengujian Buzzer

Pengujian buzzer dilakukan pada tiga kondisi pencahayaan (normal, rendah, dan gelap) dengan variasi sudut 110-140 derajat dan jarak 45-55 cm untuk mengetahui konsistensi aktivasi alarm lokal. Rekapitulasi hasil pengujian buzzer disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Buzzer

Kondisi Pencahayaan	Rentang Sudut	Rentang Jarak	Waktu Aktivasi	Hasil
Normal	110-140 derajat	45-55 cm	1-2 detik	Valid
Rendah	110-140 derajat	45-55 cm	1-2 detik	Valid
Gelap	110-140 derajat	45-55 cm	1-2 detik	Valid, foto gelap

Hasil pengujian menunjukkan bahwa buzzer teraktivasi secara konsisten dalam waktu 1-2 detik pada seluruh kondisi pencahayaan, karena komponen ini bekerja berdasarkan sinyal digital dari mikrokontroler dan tidak bergantung pada intensitas cahaya. Karakteristik tersebut menjadikan buzzer sebagai pelengkap yang tepat bagi ESP32-CAM yang kualitas tangkapan gambarnya bergantung pada kondisi pencahayaan, sehingga sistem tetap memberikan peringatan lokal meskipun dokumentasi visual belum optimal. Namun demikian, intensitas suara buzzer masih terbatas untuk ruangan yang lebih luas dari 3 m x 4 m sehingga memerlukan buzzer berdaya lebih besar apabila diterapkan pada ruangan yang lebih besar.

Hasil Pengiriman Notifikasi Melalui Telegram Bot

Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan, ESP32-CAM secara paralel mengaktifkan buzzer, mengambil foto, dan mengirimkan foto beserta notifikasi ke Telegram Bot melalui jaringan Wi-Fi menggunakan protokol HTTPS pada *endpoint sendPhoto* Bot API. Hasil pengujian menunjukkan bahwa notifikasi beserta foto diterima oleh petugas keamanan dalam rentang waktu 3-8 detik pada kondisi jaringan Wi-Fi yang stabil, bahkan dapat diterima dalam waktu kurang dari 5 detik pada kondisi sinyal yang optimal. Kecepatan tersebut jauh lebih baik dibandingkan sistem CCTV konvensional yang mengharuskan petugas memantau atau memeriksa rekaman secara manual. Keandalan pengiriman notifikasi sangat bergantung pada stabilitas jaringan Wi-Fi kantor, sehingga pada kondisi jaringan terganggu dapat terjadi keterlambatan pengiriman meskipun alarm buzzer lokal tetap berfungsi.

Hasil Validasi Ahli dan Pengguna

validasi produk dilakukan oleh dua orang pakar yang terdiri dari ahli materi /perangkat keras (Julian Sahertian, S.Pd., M.T.) dan ahli pemrograman (Dinny Ari Bintari, S.Kom.), serta oleh satu orang pengguna, yaitu petugas keamanan Kantor Bakesbangpol (Richi Nur Rahman). Setiap validator menilai enam aspek, meliputi integrasi komponen, keberhasilan pengiriman foto otomatis,

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

aktivasi buzzer, kecepatan respons sistem, kemudahan pengoperasian, dan manfaat sistem, dengan skala penilaian 1 sampai 5. Persentase validitas dihitung menggunakan persamaan (1).

$$Va = \frac{Tse}{Tsh} x100\% \quad (1)$$

Keterangan: Va adalah persentase validitas, Tse adalah total skor empirik (hasil penilaian validator), dan Tsh adalah total skor harapan (skor maksimal). Rekapitulasi hasil validasi ahli dan pengguna disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Validasi Ahli dan Pengguna

Validator	Peran	Skor (Tse/Tsh)	Persentase	Kategori
Julian Sahertian, S.Pd., M.T.	Ahli Materi/Perangkat	28/30	93,3%	Sangat Valid
Dinny Ari Bintari, S.Kom.	Ahli Pemrograman	26/30	86,7%	Valid
Richi Nur Rahman	Pengguna (Petugas Keamanan)	30/30	100%	Sangat Valid

Rata-rata skor validasi dari kedua ahli sebesar 90%, sedangkan validasi pengguna memperoleh skor sempurna sebesar 100%, sehingga produk berada pada kategori sangat valid. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa sistem *Smart security* berbasis IoT yang dikembangkan telah memenuhi aspek integrasi komponen, kecepatan respons, kemudahan pengoperasian, dan manfaat, sehingga layak diimplementasikan sebagai media pendukung keamanan di lingkungan Kantor Bakesbangpol Kabupaten Tulungagung.

Pembahasan

Hasil penelitian hasil menunjukkan bahwa kombinasi sensor PIR, ESP32-CAM, buzzer, serta Telegram mampu menghasilkan sistem keamanan dengan mekanisme peringatan ganda (*dual-layer alert*), yaitu peringatan lokal melalui buzzer dan peringatan jarak jauh melalui notifikasi Telegram yang disertai bukti foto secara *real-time*. Kecepatan respons sistem selaras dengan prinsip pendeteksian otomatis dan cepat pada sistem keamanan berbasis *IoT* (Hidayanti & Saputra, 2024), serta sebanding dengan latensi sistem berbasis edge computing pada penelitian Zhang dan Lee (2023) yang melaporkan waktu respons sekitar dua detik.

Dibandingkan dengan penelitian Arifin dan Setiawan (2024) yang mengembangkan notifikasi Telegram berbasis sensor PIR tanpa dilengkapi kamera, serta penelitian Lauma dan Papilaya (2024) yang mengirimkan foto hanya ke server web tanpa alarm dan notifikasi *real-time*, sistem yang dikembangkan pada penelitian ini mengintegrasikan ketiga fungsi tersebut secara bersamaan dalam satu arsitektur. Demikian pula dibandingkan dengan penelitian Nasrullah dan Prasetyo (2024) yang menggunakan sensor PIR dan *reed switch* tanpa kamera, serta penelitian Kumar dan Singh (2022) yang mengandalkan layanan cloud AWS sebagai media notifikasi, penggunaan Telegram Bot API pada penelitian ini dinilai lebih praktis karena tidak membutuhkan pengaturan infrastruktur server maupun manajemen layanan cloud, sehingga lebih sesuai diterapkan pada instansi pemerintah dengan sumber daya teknis yang terbatas.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain ketergantungan pada jaringan Wi-Fi untuk pengiriman notifikasi jarak jauh, kualitas gambar yang belum optimal pada kondisi pencahayaan rendah karena kamera OV2640 belum dilengkapi night vision, cakupan implementasi yang masih terbatas pada satu ruangan, serta belum tersedianya fitur pengenalan wajah untuk membedakan personel berwenang dengan penyusup. Berdasarkan keterbatasan tersebut, pengembangan lanjutan dapat diarahkan pada penambahan koneksi data seluler sebagai cadangan jaringan, penggunaan modul kamera beresolusi lebih tinggi dengan fitur infrared, perluasan sistem ke beberapa ruangan sekaligus melalui *dashboard* terpusat, serta integrasi algoritma kecerdasan buatan untuk pengenalan wajah guna meningkatkan akurasi dan mengurangi notifikasi yang tidak diperlukan.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem *Smart security* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu mendeteksi intrusi secara otomatis serta mengirimkan foto secara *real-time* kepada petugas keamanan di Kantor Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol) Kabupaten Tulungagung. Sistem yang dikembangkan meng-integrasikan sensor PIR berfungsi sebagai pendeteksi gerak, sedangkan ESP32-CAM sebagai pusat pemrosesan sekaligus pengambil gambar, buzzer sebagai alarm lokal, dan Telegram Bot sebagai media notifikasi jarak jauh, sehingga setiap kali terjadi pergerakan mencurigakan pada area pengamanan, sistem secara otomatis membunyikan alarm, mengambil foto, dan mengirimkan foto beserta notifikasi kepada petugas tanpa memerlukan intervensi manual.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik di lingkungan kantor, proses dimulai dari pendeteksian gerakan hingga pengambilan gambar, hingga pengiriman notifikasi yang diterima petugas keamanan dalam waktu kurang dari delapan detik. Hasil validasi yang dilakukan oleh dosen ahli memperoleh rata-rata skor sebesar 90 persen, sedangkan validasi oleh petugas keamanan selaku pengguna memperoleh skor sempurna sebesar 100 persen, sehingga sistem ini dinyatakan sangat valid dan layak digunakan sebagai media pendukung keamanan lingkungan kantor pemerintah. Dengan demikian, sistem ini terbukti mampu menjadi solusi keamanan yang lebih responsif dibandingkan sistem konvensional yang selama ini digunakan, sekaligus memberikan bukti visual yang dapat langsung dimanfaatkan petugas untuk mengambil tindakan yang diperlukan.

Meskipun oleh karena itu, performa sistem masih bergantung pada kestabilan jaringan serta kondisi pencahayaan pada saat pengambilan gambar, sehingga hasil dokumentasi visual pada malam hari belum sepenuhnya optimal. Oleh karena itu, pengembangan lanjutan disarankan untuk menambahkan jalur komunikasi cadangan berupa jaringan seluler, menggunakan modul kamera yang dilengkapi kemampuan menangkap gambar pada kondisi minim cahaya, memperluas cakupan sistem ke beberapa ruangan sekaligus melalui satu pusat pemantauan, serta mengintegrasikan kemampuan pengenalan wajah agar sistem dapat membedakan personel yang berwenang dengan pihak yang tidak

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

dikenal. Sistem keamanan berbasis *IoT* ini juga berpotensi direplikasi pada instansi pemerintah lain di Kabupaten Tulungagung sebagai bagian dari upaya digitalisasi keamanan di lingkungan pemerintahan daerah.

DAFTAR RUJUKAN

[1] M. Arifin and R. Setiawan, "Sistem Keamanan Rumah Berbasis *Internet of Things (IoT)* Menggunakan Notifikasi Bot Telegram untuk Pendeteksian Gerak," Jurnal Sistem dan Sains, pp. 45–53, 2024.

[2] S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, "Pengujian ESP32-CAM Berbasis Mikrokontroler ESP32," JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, vol. 4, pp. 60–66, 2023.

[3] T. Buzzer, "Piezoelectric Buzzer Circuit and Working Principle," Industry News, 2025.

[4] C. Easttom, Computer Security Fundamentals. Hoboken, NJ, USA: Pearson IT Certification, 2021.

[5] M. A. Ekowati, Z. P. Nindyatama, S. Wening, and K. Dananti, "Pengembangan Sistem Kelas Cerdas Berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk Proses Pembelajaran Tingkat SMP di Kota Surakarta," JITU: Journal Informatic Technology and Communication, pp. 20–33, 2023.

[6] A. Fauzi et al., "Rancang Bangun Sistem Keamanan Ruangan Berbasis IoT Menggunakan Sensor PIR dan ESP32-CAM dengan Notifikasi Telegram," Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTSI), vol. 4, no. 2, pp. 45–56, 2023.

[7] R. Hidayanti and M. Saputra, "Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan ESP32-CAM dan Sensor Gerak Berbasis IoT," Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi, pp. 33–41, 2024.

[8] A. Jamal and M. Yusuf, "Development of an IoT-Based Home Security System Prototype Using Multisensors and ESP32-CAM," Journal of Embedded Systems and Smart Innovations, pp. 25–35, 2025.

[9] A. Kumar and R. Singh, "Low-Cost IoT Security System with Automated Image Capture and Cloud Notification," Sensors, vol. 22, no. 15, Art. no. 5678, 2022.

[10] J. Lauma and J. Papilaya, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan Sensor PIR dan ESP32-CAM," Jurnal Teknologi Informasi, pp. 112–120, 2024.

[11] M. Nasrullah and E. Prasetyo, "Perancangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT dan Aplikasi Telegram dengan Sensor PIR dan Reed Switch," Jurnal Manajemen dan Informatika, pp. 74–82, 2024.

[12] S. P. Nova, "Efektivitas Komunikasi Aplikasi Telegram Sebagai Media Informasi Pegawai PT Pos Indonesia (Persero) Kota Pekanbaru," Jurnal FISIP Universitas Riau, 2018.

[13] E. H. Prabowo, Buku Profil Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Tulungagung. Tulungagung: Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Tulungagung, 2022.

Copyright © SENASIF 2026

ISSN: 2598-0076

[14] D. Prasetyo and S. Kurniawan, “Implementasi Sistem Deteksi Intrusi pada Smart Office Menggunakan Raspberry Pi dan OpenCV,” in Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENTIKA), pp. 112–120, 2022.

[15] S. Rahmadani and N. Fadhilah, “Implementasi Sensor PIR dan Kamera untuk Keamanan Ruangan Berbasis Internet of Things,” J-Innovation, pp. 88–96, 2023.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076