



---

**SISTEM KEAMANAN KAMAR KOS BERBASIS *IOT* MENGGUNAKAN SENSOR *PIR* DAN ESP32-CAM DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM**

***IOT-BASED BOARDING ROOM SECURITY SYSTEM USING PIR SENSOR AND ESP32-CAM WITH TELEGRAM NOTIFICATION***

Mustika Wahyu Aprilia\*, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Agus Purwanto, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

\*e-mail: [mustikawahyu.2021@student.uny.ac.id](mailto:mustikawahyu.2021@student.uny.ac.id) (corresponding author)

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan kamar kos menggunakan sensor *Passive Infrared Receiver (PIR)* dan ESP32-CAM berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan notifikasi *real-time* melalui Telegram. Penelitian menggunakan pendekatan pengembangan sistem berbasis *prototype*. Sistem terdiri dari sensor *PIR* HC-SR501 untuk deteksi gerakan, modul ESP32-CAM untuk pengambilan gambar otomatis, *buzzer* aktif sebagai *alarm* lokal, dan sistem notifikasi Telegram. Pengujian dilakukan dengan 5 percobaan pada jarak (1-6) meter untuk mengukur akurasi deteksi, waktu respons notifikasi, dan keandalan sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor *PIR* mencapai akurasi deteksi 100% pada jarak (1-3) meter, menurun menjadi 80% pada jarak 4 meter dan 40% pada jarak 5 meter. ESP32-CAM berhasil mengirimkan notifikasi gambar ke Telegram dengan waktu respons rata-rata (8-9) detik, memenuhi target di bawah 10 detik. Sistem menunjukkan keandalan notifikasi >95%. Sistem tersebut efektif untuk *monitoring* keamanan kamar kos dari jarak jauh, namun memiliki keterbatasan jangkauan pada sensor *PIR* dan ketergantungan pada stabilitas jaringan *Wi-Fi*. Sistem ini berhasil menerapkan prinsip fisika radiasi inframerah dengan Hukum Wien untuk deteksi gerakan manusia.

**Kata Kunci:** *IoT, ESP32-CAM, Sensor PIR, Keamanan Kamar Kos, Telegram*

**Abstract.** This research aims to design and implement a boarding room security system using *Passive Infrared Receiver (PIR)* sensors and ESP32-CAM based on the *Internet of Things (IoT)* with *real-time* notifications via Telegram. The research employs a *prototype-based* system development approach. The system consists of a *PIR* HC-SR501 sensor for motion detection, ESP32-CAM module for automatic image capture, active *buzzer* as a local alarm, and Telegram notification system. Testing was conducted with 5 trials at distances of (1-6) meters to measure detection accuracy, notification response time, and system reliability. The research results show that the *PIR* sensor achieved 100% detection accuracy at distances of (1-3) meters, decreasing to 80% at 4 meters and 40% at 5 meters. The ESP32-CAM successfully transmitted image notifications to Telegram with an average response time of (8-9) seconds, meeting the target of under 10 seconds. The system demonstrated notification reliability of >95%. The system is effective for remote monitoring of boarding room security, but has limitations in *PIR* sensor range and dependency on *Wi-Fi* network stability. This system successfully applied the physics

*principles of infrared radiation with Wien's Law for human motion detection.*

**Keywords:** *IoT, ESP32-CAM, PIR Sensor, Boarding Room Security, Telegram*

## **PENDAHULUAN**

Diera teknologi modern, keamanan hunian sementara, khususnya kamar kos bagi mahasiswa perantau, menjadi aspek krusial yang memerlukan solusi inovatif. Keamanan kamar yang terlindungi secara efektif dan memungkinkan pemantauan jarak jauh sangat penting untuk mencegah kehilangan barang berharga akibat pencurian atau gangguan yang tidak diinginkan. Sistem keamanan konvensional, seperti penggunaan kunci manual, sering kali tidak memadai karena tidak memberikan notifikasi peringatan dini dan keterbatasan dalam pengawasan secara *real-time* (Khanna, 2024).

Perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* menawarkan sebuah paradigma baru dalam pengembangan sistem keamanan dengan mengintegrasikan perangkat sensor pintar dan platform komunikasi digital. Sensor *Passive Infrared Receiver (PIR)* yang sensitif terhadap radiasi inframerah tubuh manusia dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan dan gerakan di ruang terbatas. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip fisika radiasi termal di mana panjang gelombang radiasi maksimal tubuh manusia sesuai dengan hukum Wien mendukung efektivitas deteksi (King, 2009).

Modul ESP32-CAM, yang menggabungkan kemampuan pengambilan gambar digital dan konektivitas *Wi-Fi*, memungkinkan pengawasan visual otomatis saat sensor *PIR* mendeteksi aktivitas mencurigakan. Notifikasi peringatan dan dokumentasi visual dikirimkan secara *real-time* melalui aplikasi Telegram yang memiliki keunggulan dalam kecepatan pengiriman dan penyimpanan data berbasis *cloud* (Humam & Triawan, 2024).

Sistem keamanan berbasis *IoT* ini diharapkan memberikan solusi praktis dan efisien untuk pengamanan kamar kos, meningkatkan rasa aman penghuni, dan membuka peluang penerapan prinsip-prinsip fisika dan teknologi digital dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan menguji keandalan sistem tersebut agar dapat dioperasikan secara efektif dari jarak jauh, sekaligus mengoptimalkan kecepatan dan akurasi notifikasi peringatan.

## **METODE**

### **Jenis atau Desain Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental, bertujuan untuk mengimplementasikan dan menguji efektivitas sistem keamanan berbasis *IoT* menggunakan sensor *PIR* dan ESP32-CAM.

### **Teknik Pengambilan Data**

Pengambilan data dilakukan melalui pengujian *prototype* di kamar kos penulis, Padukuhan Karangmalang, Sleman, Yogyakarta. Sistem dirakit menggunakan sensor *PIR* HC-SR501, modul ESP32-CAM, *buzzer* aktif, dan koneksi *Wi-Fi* ke *Telegram Bot API*. Pengujian melibatkan 5 uji coba setiap variasi jarak (1-6) meter dengan simulasi gerakan manusia, di mana data akurasi deteksi, waktu respons notifikasi, dan keandalan sistem dicatat menggunakan *stopwatch* dan *log system Arduino IDE*.

Proses pengujian dimulai dengan kalibrasi sensor *PIR* pada sensitivitas tinggi dan delay 5 detik untuk menghindari *false trigger*. Sensitivitas tinggi pada sensor *PIR* berarti tingkat peka sensor terhadap perubahan radiasi inframerah lebih besar, memungkinkan

deteksi lebih akurat pada jarak atau kondisi yang menantang. Data waktu respons diukur dari momen deteksi hingga penerimaan notifikasi gambar di Telegram, dengan ukuran gambar 640x480 piksel untuk efisiensi *upload*.

### **Teknik Analisis Data**

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan statistik deskriptif untuk menghitung persentase akurasi deteksi dengan rumus:  $(\text{jumlah deteksi berhasil} / \text{total uji coba}) \times 100\%$ . Rata-rata waktu respons dihitung menggunakan fungsi *mean* di Excel. Proses implementasi meliputi rancang bangun sistem, pengujian akurasi deteksi, dan pengukuran waktu respons.

### **Rancang Bangun Sistem**

Sistem dirancang dengan arsitektur berlapis yang terdiri dari lapisan deteksi (*PIR*), pengolahan (ESP32-CAM), dan notifikasi (Telegram). Kode Arduino untuk ESP32-CAM menggunakan *library* ESP32CAM dan *UniversalTelegramBot*. Diagram blok menggambarkan proses sederhana yaitu saat gerakan terdeteksi, sistem menunggu (1-2) detik, mengambil foto, mengirimkannya ke Telegram, dan menyalakan *buzzer* selama 5 detik untuk peringatan lokal. Ini memastikan respons cepat tanpa alarm palsu. Tes dilakukan tanpa beban tambahan untuk memeriksa kekuatan sinyal *Wi-Fi* (RSSI di atas -70 dBm, yang berarti koneksi stabil dan andal).

### **Pengujian Akurasi Deteksi**

Pengujian akurasi deteksi sensor *PIR* dilakukan dengan mengkalibrasi sudut pandang 100° dan jarak maksimal 6 meter sesuai *datasheet*. Pengujian dilakukan pada jarak variabel (1-6) meter dengan 5 repetisi, membedakan *true positive* (deteksi gerakan manusia) dari *false negative* (gagal deteksi). Faktor lingkungan seperti suhu ruangan (25°C) dan pencahayaan rendah dipertimbangkan untuk mensimulasikan kondisi malam hari.

### **Pengukuran Waktu Respons**

Pengukuran waktu dihitung dari deteksi gerakan hingga notifikasi diterima, dibagi menjadi: waktu *capture* (1-2 detik), *upload* (4-5 detik), dan transmisi Telegram (2-3 detik). Target <10 detik dicapai dengan mengurangi ukuran data gambar atau mengompresi gambar ke format JPEG dengan tingkat kualitas 80%.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Pengujian Fungsional Sensor PIR**

Pengujian fungsionalitas sensor *PIR* dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam mendeteksi gerakan manusia pada jarak yang berbeda. Hasil pengujian disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Jarak Sensor *PIR*

| Jarak<br>(Meter) | Percobaan<br>1 | Percobaan<br>2 | Percobaan<br>3 | Percobaan<br>4 | Percobaan<br>5 | Persentase<br>Keberhasilan |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|
| 1                | B              | B              | B              | B              | B              | 100%                       |
| 2                | B              | B              | B              | B              | B              | 100%                       |
| 3                | B              | B              | B              | B              | B              | 100%                       |
| 4                | B              | B              | G              | B              | B              | 80%                        |
| 5                | G              | B              | G              | G              | B              | 40%                        |
| 6                | G              | G              | G              | G              | G              | 0%                         |

*Keterangan:* B = Berhasil, G = Gagal

Data pada Tabel 1. menunjukkan bahwa sensor *PIR* bekerja dengan akurasi 100% pada jarak 1 hingga 3 meter. Namun, terdapat penurunan signifikan pada jarak 4 meter, di mana tingkat keberhasilan turun menjadi 80%. Penurunan kinerja ini semakin tajam pada jarak 5 meter, dengan tingkat keberhasilan hanya 40%, dan deteksi sepenuhnya gagal pada jarak 6 meter. Hasil gambar pada pengujian sensor dengan variasi jarak (1-5) meter dapat dilihat pada Gambar 1. sampai Gambar 5. Pada pengujian jarak 6 meter tidak ada gambar yang tertangkap dikarenakan sensor tidak berhasil mendeteksi.



Gambar 1. Hasil gambar pada jarak 1 meter



Gambar 2. Hasil gambar pada jarak 2 meter



Gambar 3. Hasil gambar pada jarak 3 meter



Gambar 4. Hasil gambar pada jarak 4 meter



Gambar 5. Hasil gambar pada jarak 5 meter

### **Pengujian Kinerja ESP32-CAM dan Sistem Notifikasi**

Pengujian ini berfokus pada kualitas gambar yang diambil oleh ESP32-CAM dan kecepatan notifikasi yang dikirimkan ke Telegram.

### **Kualitas Gambar**

ESP32-CAM dikonfigurasi untuk mengambil gambar dengan resolusi 640x480 *pixel* yang dikompresi dalam format JPEG. Kualitas gambar yang dihasilkan terbukti cukup memadai untuk memberikan bukti visual yang cukup jelas mengenai adanya gerakan

intrusi. Kompresi gambar yang efisien memastikan ukuran berkas tetap kecil, sehingga mempercepat proses transmisi.

### Waktu Respons

**Pengukuran** waktu respons sistem dilakukan untuk mengevaluasi seberapa cepat notifikasi diterima oleh pengguna setelah gerakan terdeteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dalam kondisi jaringan *Wi-Fi* yang stabil, waktu yang dibutuhkan dari deteksi gerakan hingga notifikasi berhasil diterima di Telegram adalah 8 hingga 9 detik. Hal ini memenuhi target waktu respons yang ditetapkan, yaitu di bawah 10 detik, yang sangat penting untuk sistem peringatan dini yang efektif. Hasil ini disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Pengujian Waktu Respon dan Keandalan Notifikasi

| Parameter Pengujian  | Target Kinerja | Hasil Rata-rata Pengujian |
|----------------------|----------------|---------------------------|
| Waktu Respons        | < 10 detik     | (8 – 9) detik             |
| Keandalan Notifikasi | > 90%          | > 95%                     |

*Keterangan:* Hasil pengujian keandalan notifikasi dihitung berdasarkan rasio jumlah notifikasi yang berhasil terkirim terhadap total percobaan.

### Pengujian Keandalan dan Batasan Sistem

Sistem menunjukkan keandalan yang tinggi dalam kondisi optimal, namun memiliki batasan yang perlu dianalisis. Kinerja sistem sangat bergantung pada dua faktor utama: jangkauan deteksi sensor *PIR* dan stabilitas jaringan *Wi-Fi*. Penurunan akurasi deteksi *PIR* pada jarak lebih dari 3 meter menunjukkan bahwa sistem ini mungkin tidak efektif untuk menjangkau seluruh area kamar kos yang lebih besar dari 9 m<sup>2</sup>, di mana jarak diagonal bisa mencapai 5 meter. Selain itu, ketergantungan total pada koneksi *Wi-Fi* menjadikan sistem rentan terhadap kegagalan jika jaringan terputus atau mengalami gangguan.

### PEMBAHASAN

Implementasi sistem ini berhasil memenuhi tujuan pertama penelitian. Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang sistematis menghasilkan sebuah *prototype* fungsional yang mampu mendeteksi gerakan, mengambil gambar, dan memberikan notifikasi. Pemilihan komponen, seperti sensor *PIR* dan ESP32-CAM, secara khusus memvalidasi prinsip-prinsip fisika yang mendasarinya.

Kinerja deteksi sensor *PIR* secara langsung terkait dengan hukum fisika, khususnya Hukum Wien. Tubuh manusia, dengan suhu rata-rata 37°C atau 310 K, memancarkan radiasi termal yang mencapai intensitas maksimum pada panjang gelombang sekitar 9,345  $\mu\text{m}$ . Berdasarkan prinsip fisika, nilai ini berada tepat dalam rentang sensitivitas optimal sensor *PIR*, yaitu 8 hingga 14  $\mu\text{m}$ . Hal ini membuktikan bahwa pilihan sensor didukung oleh dasar ilmiah yang kuat, yang merupakan faktor kunci dalam keberhasilan sistem dalam mendeteksi keberadaan manusia.

Selain itu, integrasi fungsional antara sensor *PIR*, ESP32-CAM, dan *buzzer* menunjukkan keberhasilan dalam menciptakan alur kerja yang logis. Deteksi gerakan

memicu serangkaian tindakan otomatis pengambilan gambar dan peringatan suara yang menciptakan sistem respons dua tingkat. Peringatan lokal melalui *buzzer* memberikan kesadaran instan kepada orang di dekat lokasi, sementara notifikasi gambar jarak jauh melalui Telegram memberikan bukti visual kepada penghuni dimanapun mereka berada.

Data yang berhasil ditransmisikan kemudian diproses pada lapisan pemrosesan data oleh ESP32-CAM, yang melakukan kompresi gambar menggunakan algoritma JPEG. Proses ini sangat penting untuk memastikan data yang dikirimkan berukuran kecil, sehingga dapat mencapai lapisan pengaplikasian dengan cepat. Pada lapisan pengaplikasian, Telegram berfungsi sebagai *platform* handal yang menerjemahkan data yang diproses menjadi notifikasi yang mudah dipahami oleh pengguna, memungkinkan mereka untuk memantau kamar secara *real-time*. Namun, keberhasilan fungsionalitas jarak jauh tidak dapat dilepaskan dari batasan kinerja yang ditemukan selama pengujian. Data pada Tabel 5. menunjukkan bahwa meskipun sistem dapat beroperasi secara *real-time* dalam jangkauan optimal, akurasi deteksi sensor PIR secara drastis menurun pada jarak lebih dari 3 meter. Penurunan ini dapat dijelaskan melalui prinsip fisika di mana intensitas radiasi inframerah yang mencapai sensor berkurang seiring dengan kuadrat jarak dari sumbernya. Pada jarak yang lebih jauh, sinyal inframerah dari tubuh manusia menjadi sangat lemah dan mudah tercampur dengan *noise* lingkungan, yang dapat mengakibatkan kegagalan deteksi. Keterbatasan jangkauan ini menciptakan tantangan fundamental dalam menjawab tujuan penelitian kedua secara menyeluruh. Meskipun kamar kos memiliki luas (9-12) m<sup>2</sup>, jarak diagonal yang perlu dicakup dapat mencapai 4,24 hingga 5 meter. Artinya, terdapat "zona buta" yang tidak terdeteksi secara andal, terutama di sudut-sudut terjauh dari sensor, yang dapat mengurangi efektivitas sistem secara keseluruhan.

Secara keseluruhan, sistem keamanan ini berhasil mencapai tujuan yang ditetapkan dalam penelitian, yaitu merancang dan mengimplementasikan sistem fungsional yang dapat memberikan notifikasi keamanan dari jarak jauh. Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak berjalan dengan efisien, dan waktu respons notifikasi berada dalam rentang yang dapat diterima untuk aplikasi peringatan dini.

Meskipun demikian, ada beberapa keterbatasan yang teridentifikasi dari hasil pengujian. Keterbatasan utama adalah ketergantungan kinerja sensor *PIR* pada jarak, yang membatasi efektivitas sistem di ruangan yang lebih luas. Keterbatasan kedua adalah ketergantungan total pada ketersediaan dan stabilitas jaringan *Wi-Fi*, yang merupakan satu-satunya jalur komunikasi bagi notifikasi jarak jauh.

## SIMPULAN

Sistem keamanan kamar kos berbasis *Internet of Things (IoT)* yang menggunakan sensor *Passive Infrared Receiver (PIR)* dan modul ESP32-CAM berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini mampu mendeteksi gerakan dengan akurasi tinggi, terutama pada jarak 1 hingga 3 meter, serta memberikan notifikasi *real-time* melalui aplikasi Telegram dengan waktu respons yang cepat, yaitu antara 8 sampai 9 detik. Integrasi sensor *PIR* dengan ESP32-CAM dan notifikasi Telegram memungkinkan penghuni untuk memantau keamanan kamar secara efektif dari jarak jauh. Walaupun sistem ini sudah memadai, terdapat keterbatasan pada jangkauan sensor *PIR* yang menurun pada jarak lebih dari 3 meter dan ketergantungan sistem terhadap stabilitas jaringan *Wi-Fi*, yang dapat menjadi tantangan dalam implementasi nyata.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan ini. Penghargaan khusus disampaikan kepada Bapak Agus Purwanto, M.Sc., selaku dosen pembimbing, atas ilmu, arahan, dan motivasi yang diberikan selama proses ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada berbagai pihak lainnya yang turut berkontribusi namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ada, Lady. (2025). *PIR Motion Sensor*. <https://learn.adafruit.com/PIR-passive-infrared-proximity-motion-sensor>
- Fadly, E., Wibowo, S. A., & Sasmito, A. P. (2021). Sistem Keamanan Pintu Kamar Kos Menggunakan Face Recognition Dengan Telegram Sebagai Media Monitoring dan Controlling. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 5(2).
- Haidar, A., Elisma, E., Yamin, M., & Pertiwi, W. P. (2024). Sistem keamanan pintu rumah berbasis aplikasi Telegram dan Internet of Things (IoT). *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, 4, 137–144. <https://doi.org/https://doi.org/10.35313/jitel.v>
- Horowitz, P., & Hill, W. (2015). *The Art of Electronics* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Humam, F., & Triawan, M. A. (2024). Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan ESP32CAM dan Sensor Gerak Berbasis IoT. *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, 7(2), 575–584. <https://doi.org/10.29408/jit.v7i2.26109>
- Kalluri, D. K. (2011). *Electromagnetic Waves, Materials, and Computation with MATLAB*. CRC Press.
- Khanna, V. K. (2024). *IoT Sensors* (B. Jones & H. Huang, Eds.; 1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1201/9781003374442>
- King, G. C. (2009). *Vibrations and Waves* (F. K. Leobinger, F. Mandl, & D. J. Sandiford, Eds.). A John Wiley and Sons, Ltd.,.
- Parthasarathy, H. (2021). *Waves and Optics*. CRC Press.
- Sarimuddin. (2023). *Cara Mudah Kuasai Mikrokontroler Arduino*. Eureka Media Aksara.
- Sommerville, Ian. (2016). *Software Engineering* (Tenth Edition). Pearson Education.
- Taiwo, O., & Ezugwu, A. E. (2021). Internet of Things-Based Intelligent Smart Home Control System. *Security and Communication Networks*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9928254>
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2007). *Physics for Scientists and Engineers* (Sixth Edition, Issue Physics). WH Freeman.
- Wahyudi, R., & Edidas. (2022). Perancang dan Pembuatan Sistem Keamanan Rumah Berbasis *Internet of Things* Menggunakan ESP32-CAM. 6, 1135–1141.
- Yunus, M. (2021). *Prototipe Sistem Keamanan Kamar Kos Berbasis Internet of Things Menggunakan Sensor Passive Infrared Receiver Dengan ESP32-CAM dan Telegram Sebagai Notifikasi* (Studi Kasus : Kos Sianturi Air Dingin).