

Rancang Bangun Sistem Pemantauan Keamanan Ruang Guru Berbasis *IoT* dengan Notifikasi Telegram

Adi Kusuma Raharja¹, Iman Saufik Suasana², Sulartopo³

¹ Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Semarang, Jawa Tengah

^{2,3} Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Semarang, Jawa Tengah

Email: adikusumaaa02@gmail.com¹, saufik@stekom.ac.id², sulartopo@stekom.ac.id³

* **Penulis Korespondensi** : Adi Kusuma Raharja

Abstract: School security is an important aspect of supporting a safe school environment. However, conventional security systems that rely on CCTV and manual patrols are not yet able to provide direct warnings of security disturbances or the presence of smoke. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based teacher's room security monitoring system using an ESP32-CAM, PIR sensor, MQ2 sensor, buzzer, and Telegram as a notification platform. The method applied was Research and Development (R&D), which included needs analysis, system design, implementation, and system testing. The results showed that the system was successfully implemented and all components functioned according to their designed functions. The PIR sensor was able to detect motion at a distance of up to 5 meters, activate the buzzer for 2 seconds, capture images using the ESP32-CAM, and send notifications along with photos to Telegram. The MQ2 sensor was also able to detect indications of smoke, activate the buzzer for 3 seconds, and send warning notifications to Telegram. Therefore, the developed system is capable of monitoring and providing warnings for detected motion and the presence of smoke in the teacher's room.

Keywords: ESP32-CAM; Internet of Things; Teacher Room Security; PIR Sensor; MQ2 Sensor; Telegram Notifications

Abstrak: Keamanan sekolah merupakan salah satu aspek penting dalam mendukung terciptanya lingkungan sekolah yang aman. Namun, sistem keamanan konvensional yang masih mengandalkan CCTV dan patroli manual belum mampu memberikan peringatan secara langsung terhadap gangguan keamanan maupun keberadaan asap. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem pemantauan keamanan ruang guru berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32-CAM, sensor PIR, sensor MQ2, buzzer, dan Telegram sebagai media notifikasi. Metode yang diterapkan adalah *Research and Development* (R&D) yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil diimplementasikan dan seluruh komponen bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Sensor PIR mampu mendeteksi gerakan hingga jarak 5 meter, mengaktifkan buzzer selama 2 detik, mengambil gambar menggunakan ESP32-CAM, serta mengirimkan notifikasi beserta foto ke Telegram. Sensor MQ2 juga mampu mendeteksi indikasi asap, mengaktifkan buzzer selama 3 detik, dan mengirimkan notifikasi peringatan ke Telegram. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan dan memberikan peringatan terhadap pergerakan serta keberadaan asap pada ruang guru.

Kata kunci: ESP32-CAM; Internet of Things; Keamanan Ruang Guru; Sensor PIR; Sensor MQ2; Notifikasi Telegram

Diterima: 6 Agustus 2026

Direvisi: 12 Agustus 2026

Disetujui: 22 September 2026

Tersedia: 23 September

Diterbitkan: 30 September 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Keamanan sekolah merupakan elemen kunci dalam membangun lingkungan pembelajaran yang aman dan kondusif. Namun, masih banyak sekolah yang menggunakan sistem keamanan konvensional seperti kunci manual dan CCTV belum mampu memberikan peringatan dini secara real-time ketika terjadi ancaman keamanan [1]. Kondisi tersebut menyebabkan pengawasan menjadi kurang optimal, terutama pada area sekolah yang tidak terpantau secara langsung[2].

Permasalahan tersebut juga terjadi di SDN Bakalrejo 1 Kecamatan Guntur Kabupaten Demak, saat ini masih menggunakan sistem keamanan konvensional. Berdasarkan hasil

observasi lapangan, sistem keamanan sekolah masih mengandalkan satu orang petugas keamanan, yaitu Bapak Zainal sebagai satpam, serta dua unit kamera CCTV yang terpasang di area pintu masuk sekolah. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa kamera CCTV tidak dipantau secara terus-menerus, melainkan hanya diperiksa ketika diperlukan atau setelah terjadi suatu kejadian. Selain itu, pemasangan CCTV belum mencakup seluruh area sekolah yang berpotensi memerlukan pengawasan, seperti koridor, ruang belakang, dan lingkungan sekitar sekolah. Pada malam hari, pengawasan masih dilakukan melalui patroli manual oleh petugas keamanan sehingga seluruh area sekolah tidak dapat dipantau secara bersamaan. Kondisi tersebut diperkuat berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Zainal selaku petugas keamanan satpam yang menyampaikan bahwa pengawasan belum dapat dilakukan secara optimal karena keterbatasan jumlah petugas dan fasilitas pendukung. Petugas keamanan harus berkeliling secara berkala untuk melakukan pengawasan sehingga tidak dapat memantau seluruh area sekolah dalam waktu yang bersamaan. Selain itu, CCTV yang tersedia hanya berfungsi sebagai alat perekam dan belum dilengkapi dengan sistem deteksi serta peringatan dini yang dapat memberikan informasi secara langsung apabila terjadi aktivitas mencurigakan. Berdasarkan keterangan Bapak Zainal, pada bulan Desember 2024 pernah terjadi pencurian dua unit komputer di kantor guru yang baru diketahui pada keesokan harinya. Kejadian tersebut menyebabkan pihak sekolah mengalami kerugian material sekitar Rp10.000.000 dan menghambat kegiatan administrasi sekolah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem keamanan yang diterapkan masih memiliki keterbatasan dalam pemantauan, deteksi, dan penyampaian peringatan secara cepat. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem keamanan yang mampu mendeteksi aktivitas mencurigakan secara otomatis serta memberikan notifikasi secara langsung kepada pihak yang bertanggung jawab.

Selain ancaman pencurian, sekolah juga berisiko mengalami kebakaran akibat korsleting listrik atau penggunaan perangkat elektronik tanpa pengawasan. Apabila tidak terdeteksi sejak dini, kebakaran dapat menyebabkan kerusakan fasilitas dan membahayakan keselamatan warga sekolah [3]. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem keamanan yang bisa mengenali gerakan manusia sekaligus mendeteksi asap atau gas secara otomatis.

Perkembangan Internet of Things (IoT) memberikan peluang dalam pengembangan sistem keamanan yang responsif melalui integrasi sensor, kamera, dan komunikasi berbasis internet. Sejumlah penelitian telah menerapkan IoT pada sistem keamanan dengan berbagai pendekatan. Penelitian sebelumnya menggunakan sensor PIR, ESP32-CAM, dan Telegram untuk memantau keamanan pintu rumah [4]. Penelitian lainnya menerapkan sistem keamanan rumah berbasis IoT dengan pengenalan wajah dan Telegram untuk memantau akses serta mendeteksi penyusup [5]. Selain itu, ESP32-CAM dan sensor gerak juga telah digunakan untuk mendeteksi pergerakan dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna [6]. Meskipun demikian, penelitian tersebut belum mengintegrasikan sensor PIR, sensor MQ2, ESP32-CAM, buzzer, dan Telegram dalam satu sistem keamanan yang diterapkan pada ruang guru sekolah. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem keamanan ruang guru di SDN Bakalrejo 1 yang mampu mendeteksi pergerakan dan keberadaan asap, memberikan alarm melalui buzzer, mengambil gambar saat terjadi pergerakan, serta mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram.

Pada penelitian ini dirancang sistem keamanan ruang guru berbasis IoT menggunakan ESP32-CAM sebagai pusat kendali serta pemrosesan data, sensor PIR untuk mendeteksi pergerakan manusia, serta sensor MQ2 untuk mendeteksi indikasi asap atau gas yang berpotensi menyebabkan kebakaran. Ketika sensor PIR terjadi adanya gerakan, ESP32-CAM akan mengambil gambar dan kirim ke aplikasi Telegram disertai bunyi buzzer sebagai alarm peringatan. Selain itu, sensor MQ2 berfungsi untuk memantau keberadaan asap atau gas sehingga potensi kebakaran dapat diketahui lebih cepat melalui pengiriman notifikasi Telegram dan aktivasi buzzer sebagai alarm bahaya[7].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pemantauan keamanan ruang guru berbasis IoT yang mengintegrasikan sensor PIR, sensor MQ2, ESP32-CAM, buzzer, dan Telegram. Kontribusi teknis penelitian meliputi integrasi deteksi pergerakan dan asap dalam satu sistem, pengambilan serta pengiriman gambar melalui Telegram ketika terjadi pergerakan, pemberian alarm lokal melalui buzzer, dan karakterisasi kemampuan deteksi sensor PIR berdasarkan jarak pengujian. Selain itu, kinerja sistem dievaluasi berdasarkan keberhasilan deteksi, pengambilan gambar, dan keberhasilan pengiriman notifikasi. Penelitian ini diimplementasikan pada ruang guru SDN Bakalrejo 1

sebagai objek pengujian untuk memperoleh karakteristik kinerja sistem sesuai kondisi lingkungan penelitian.

2. Tinjauan Literatur

Penelitian literatur dilakukan untuk melihat bagaimana teknologi Internet of Things (IoT) diterapkan dalam sistem keamanan dan untuk mengetahui kebutuhan dalam mengembangkan sistem yang lebih terpadu. Penggunaan IoT dalam sistem keamanan sudah banyak memanfaatkan sensor gerak, kamera, sensor gas, serta alat komunikasi berbasis internet untuk mendeteksi kondisi tertentu dan memberi informasi kepada pengguna. Namun, penggunaan perangkat tersebut tetap berbeda dalam hal kombinasi sensor, benda yang diawasi, serta cara memberi peringatan. Penelitian ini membuat sistem keamanan untuk ruang guru di SDN Bakalrejo 1 dengan menggunakan sensor PIR untuk mendeteksi gerakan, sensor MQ2 untuk mendeteksi indikasi asap, ESP32-CAM untuk mengambil foto, buzzer sebagai alat peringatan, dan Telegram sebagai cara mengirim informasi. Pengujian sistem mencakup jarak pengenalan PIR, kemampuan mendeteksi asap, durasi respons, pengaktifan buzzer, proses pengambilan gambar, serta keberhasilan mengirimkan notifikasi. Integrasi ini menjadi pusat perhatian penelitian untuk menciptakan sistem keamanan di ruang guru berbasis IoT yang dapat memberi peringatan mengenai gerakan dan keberadaan asap melalui alarm serta pesan di Telegram.

2.1. Internet of Things

Sistem *Internet of Things* (IoT) merupakan sistem yang berfungsi mengendalikan perangkat keras serta menggerakkan perangkat dari jarak jauh dengan menggunakan teknologi internet. Hal ini dapat memudahkan pengguna mendapatkan informasi dari jarak jauh[8].

2.2. Sensor PIR

Sensor PIR (*Passive Infrared*) adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi gerakan dengan cara menangkap gelombang radiasi inframerah diterima dari objek, terutama manusia. Sensor ini bekerja dengan merespons perubahan radiasi inframerah akibat adanya pergerakan objek, kemudian menghasilkan sinyal keluaran yang dapat diproses oleh mikrokontroler untuk mengaktifkan sistem peringatan. Dalam penelitian ini sensor PIR berfungsi sebagai pemicu sistem ketika mendeteksi adanya objek bergerak, sehingga mikrokontroler dapat melakukan proses lanjutan seperti pengambilan gambar menggunakan kamera ESP32-CAM[9].

2.3. Sensor Asap

Kehadiran asap sering kali menjadi indikator awal terjadinya kebakaran, karena asap lebih sering muncul terlebih dahulu dibandingkan nyala api yang tidak terlihat secara kasat mata. Deteksi asap sejak dini sangat penting, khususnya di dalam ruangan guru. Dalam penelitian, sensor asap digunakan menggunakan sensor MQ2 menjadi alat sangat penting dan sangat krusial karena keberadaannya dapat mendeteksi indikasi awal asap akibat kebakaran atau gangguan kelistrikan yang tidak kasat mata[10].

2.4. ESP32-CAM

ESP32-CAM Adalah sebuah modul mikrokontroler yang didasarkan pada ESP32 dan sudah dilengkapi dengan kamera serta modul wifi sehingga dapat digunakan dalam pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Modul mampu menangkap gambar dan video serta mengirimkan data tersebut secara langsung melalui koneksi internet. Selain memiliki ukuran yang tidak terlalu besar dan membutuhkan energi yang tidak terlalu banyak, ESP32-CAM juga mendukung pengolahan data dan keterhubungan jaringan secara bersamaan, sehingga sesuai digunakan pada sistem pemantauan dan keamanan[11].

2.5. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengkompilasikan, dan mengunggah program ke mikrokontroler. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman berbasis C/C++ serta mendukung berbagai library yang memudahkan pengembangan sistem elektronika dan *Internet of Things* (IoT). Selanjutnya, Arduino IDE kompatibel berbagai jenis mikrokontroler, termasuk ESP32, sehingga banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis sensor. Dalam studi ini,

Arduino IDE dimanfaatkan untuk memprogram ESP32 agar dapat mengelola data dari sensor PIR dan sensor MQ2 serta menjalankan fungsi pemantauan keamanan secara otomatis[12].

2.6. Telegram Bot

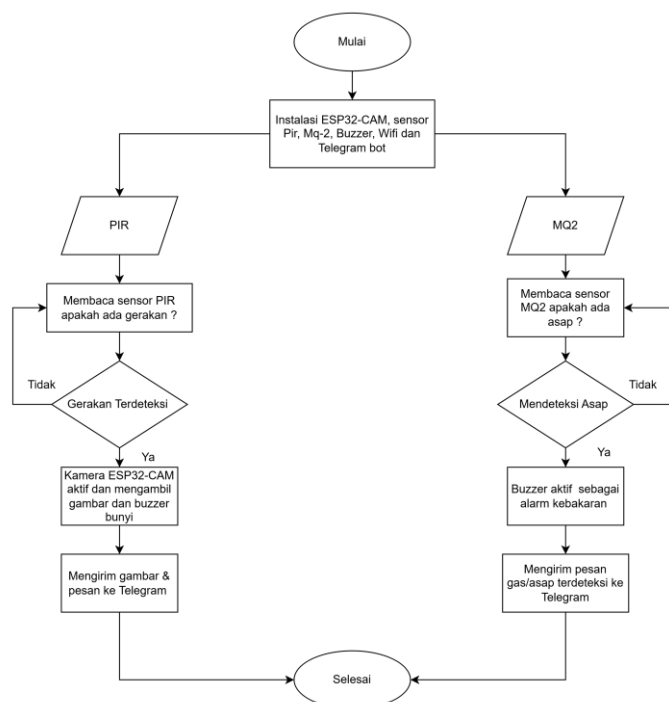
Telegram merupakan aplikasi komunikasi yang dapat digunakan untuk mengirim pesan, gambar, video, dan file. Telegram juga menyediakan fitur bot yang dapat dimanfaatkan dalam sistem IoT untuk mengirimkan notifikasi secara otomatis dari ESP32 kepada pengguna. Pada penelitian ini, Telegram digunakan sebagai media penyampaian notifikasi ketika sensor PIR mendeteksi gerakan atau sensor MQ2 mendeteksi indikasi asap. Waktu pengiriman notifikasi ditentukan berdasarkan hasil pengujian sistem, sehingga tidak digunakan klaim bahwa Telegram memiliki *delay* kurang dari 1 detik tanpa pengukuran eksperimental[13].

3. Metode

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)* untuk mengembangkan sistem keamanan ruang guru di SDN Bakalrejo 1. Sistem menggunakan ESP32-CAM sebagai pengontrol utama, sensor PIR, sensor MQ2, buzzer, kamera, dan Telegram sebagai media notifikasi. Pengujian dilakukan pada deteksi gerakan dan asap dengan beberapa jarak serta pengulangan pada setiap kondisi. Parameter yang diamati meliputi keberhasilan deteksi, respons buzzer, pengambilan foto, dan pengiriman notifikasi. Pada PIR, buzzer aktif selama 2 detik dan terdapat jeda 10 detik sebelum deteksi berikutnya, sedangkan sensor MQ2 menggunakan kondisi HIGH sebagai indikasi gas/asap terdeteksi dan LOW sebagai tidak terdeteksi, dengan buzzer aktif selama 3 detik. Pengujian dilakukan dengan koneksi Wi-Fi aktif dan sistem dinyatakan berhasil apabila sensor mendeteksi sesuai kondisi uji, buzzer aktif, foto berhasil dikirim saat PIR terpicu, dan notifikasi berhasil diterima melalui Telegram.[14].

3.1. Flowchart

Sistem yang dibuat dalam penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemantauan keamanan ruang guru, mendeteksi gerakan dan asap, sistem ini bisa memantau keadaan ruangan secara langsung agar tetap aman. Alur kerja sistem dapat digambarkan pada gambar dibawah ini dalam bentuk flowchart.



Gambar 1. Flowchart Sistem

Sistem keamanan pada Gambar 1 menggunakan ESP32-CAM sebagai pengontrol utama yang berfungsi untuk memproses masukan dari sensor dan mengendalikan keluaran sistem.

Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi gerakan pada area yang dipantau. Ketika terjadi perubahan kondisi dari tidak terdeteksi gerakan menjadi terdeteksi gerakan, ESP32-CAM mengaktifkan buzzer selama 2 detik, mengambil gambar menggunakan kamera, dan mengirimkan gambar beserta informasi tanggal kejadian ke aplikasi Telegram. Untuk mencegah pengiriman gambar secara berulang akibat satu kejadian gerakan, sistem menerapkan waktu jeda (cooldown) selama 10 detik sebelum dapat mengirimkan gambar kembali. Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas atau asap melalui keluaran digital. Pada sistem ini, tidak digunakan nilai ambang batas (*threshold*) pada program ESP32-CAM karena kondisi deteksi ditentukan berdasarkan keluaran digital sensor. Ketika keluaran MQ2 bernilai HIGH, sistem menganggap gas atau asap terdeteksi, kemudian mengaktifkan buzzer selama 3 detik dan mengirimkan notifikasi peringatan ke aplikasi Telegram. Sistem menggunakan variabel status untuk mencegah pengiriman notifikasi secara berulang selama kondisi gas atau asap masih terdeteksi. Ketika keluaran sensor kembali LOW, status deteksi diatur ulang sehingga sistem dapat mendeteksi kejadian berikutnya. Dalam kondisi koneksi Wi-Fi atau layanan Telegram tidak tersedia, fungsi deteksi sensor dan alarm lokal tetap dijalankan oleh ESP32-CAM. Namun, notifikasi tidak dapat dikirimkan ke Telegram selama koneksi terputus karena program belum menerapkan mekanisme pengiriman ulang atau koneksi ulang secara khusus. Sensor MQ2 juga tidak memiliki pengaturan waktu pemanasan khusus di dalam program, sehingga parameter pemanasan tidak ditentukan sebagai bagian dari perangkat lunak. Dengan konfigurasi tersebut, sistem mampu melakukan deteksi gerakan dan gas/asap secara otomatis serta memberikan peringatan melalui buzzer dan Telegram ketika koneksi jaringan tersedia.

3.2. Keperluan Sistem

a. Keperluan perangkat Keras (hardware)

- 1) Esp32-cam Mikrokontroler utama yang mengelola sistem
- 2) Sensor pir berfungsi sebagai sensor gerak
- 3) Sensor mq2 berfungsi sebagai sensor asap ruang guru
- 4) Smartphone sebagai media untuk menampilkan notifikasi
- 5) Breadboard sebagai papan untuk menyusun komponen
- 6) Kabel Jumper sebagai media penghubung antar komponen agar rangkaian
- 7) Buzzer yang berfungsi sebagai alarm suara

b. Keperluan Perangkat Lunak (Software)

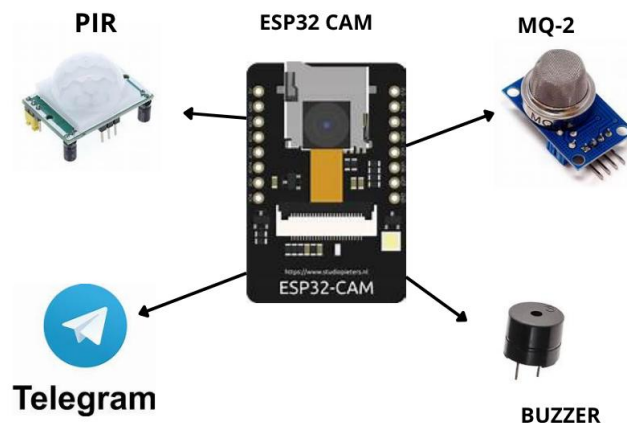
- 1) Arduino IDE pemrograman ESP32-CAM menggunakan bahasa C/C++
- 2) Telegram mengirim notifikasi ke pengguna

c. Kebutuhan Jaringan

Wifi digunakan untuk menghubungkan Telegram

3.3. Perancangan Sistem

Rancangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2, sistem keamanan pada ruangan guru menggunakan ESP32-CAM sebagai mikrokontroler utama yang terintegrasi dengan sensor PIR, sensor MQ2, buzzer, dan aplikasi Telegram. Sistem ini implementasikan untuk mendeteksi adanya gerakan dan asap secara langsung sehingga dapat memberikan peringatan kepada pengguna.



Gambar 2. Perancangan Sistem

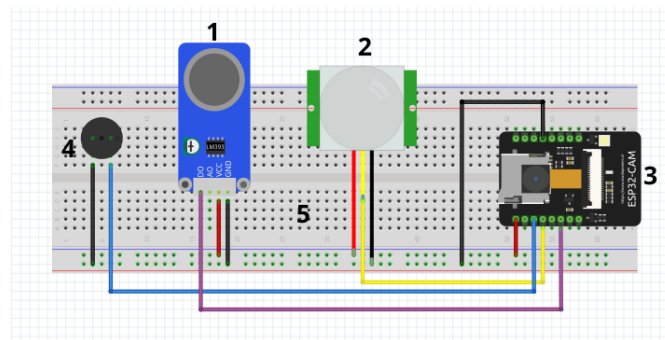
1. Sensor PIR : digunakan untuk mendeteksi jika ada gerakan di area yang dipantau. Prinsip kerjanya adalah sensor PIR mendeteksi gerakan, ESP32-CAM mengaktifkan kamera untuk merekam foto. berikutnya, foto beserta notifikasi peringatan akan dikirim ke aplikasi Telegram.
2. Sensor MQ2 : digunakan untuk mendeteksi indikasi asap atau gas di ruang guru. Pada sistem ini, sensor bekerja berdasarkan dua kondisi, yaitu terdeteksi dan tidak terdeteksi, sehingga tidak menggunakan nilai ADC atau threshold. Pengujian dilakukan beberapa kali dengan sumber asap dan jarak yang ditentukan, kemudian dicatat waktu respons, kondisi buzzer, keberhasilan notifikasi Telegram, dan jumlah pengujian yang berhasil. Ketika asap terdeteksi, buzzer aktif selama 3 detik dan sistem mengirimkan notifikasi ke Telegram. Pengujian ini hanya menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi keberadaan asap dan belum mengukur konsentrasi asap atau memastikan terjadinya kebakaran.
3. Buzzer : berfungsi sebagai peringatan lokal. Buzzer akan berbunyi ketika sensor PIR mendeteksi pergerakan atau sensor MQ2 mendeteksi adanya asap, yang memberikan peringatan kepada orang yang berada di sekitar ruangan.
4. Telegram : digunakan untuk sebagai platform untuk memberikan notifikasi kepada pengguna secara langsung. Sistem ini mengirimkan pesan peringatan disertai gambar dari kamera saat sensor PIR mendeteksi adanya gerakan, serta pesan peringatan ketika sensor MQ2 mengidentifikasi asap di ruang guru.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Rangkaian Seluruh Sistem

Berdasarkan hasil rangkaian keseluruhan sistem keamanan ruang guru, ESP32-CAM berhasil digunakan sebagai pengontrol utama yang mengintegrasikan sensor PIR, sensor MQ-2, buzzer, kamera, dan aplikasi Telegram. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi gerakan hingga jarak 5 meter, kemudian ESP32-CAM mengaktifkan buzzer, mengambil gambar, dan mengirimkan notifikasi beserta foto ke Telegram. Sistem menerapkan jeda selama 10 detik untuk mencegah pengiriman notifikasi PIR secara berulang dalam waktu yang terlalu dekat. Sementara itu, sensor MQ2 mendeteksi indikasi gas atau asap menggunakan keluaran digital, dengan kondisi HIGH sebagai indikasi terdeteksi dan LOW sebagai kondisi tidak terdeteksi. Ketika gas atau asap terdeteksi, ESP32-CAM mengaktifkan buzzer selama 3 detik dan mengirimkan notifikasi peringatan ke Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rangkaian sistem dapat menjalankan fungsi deteksi gerakan dan gas/asap, memberikan alarm melalui

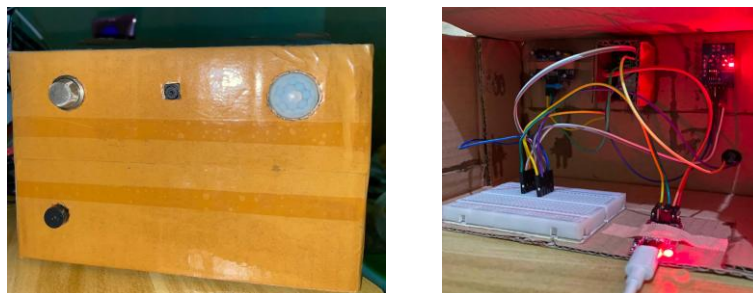
buzzer, mengambil gambar saat terjadi gerakan, serta mengirimkan informasi peringatan kepada pengguna melalui Telegram sesuai dengan fungsi yang dirancang.



Gambar 3. Rangkaian Seluruh Sistem

1. MQ2 digunakan mendeteksi indikasi gas atau asap.
2. PIR digunakan mendeteksi gerakan area ruang guru.
3. ESP32-CAM berfungsi sebagai pengontrol utama yang memproses data sensor, mengendalikan buzzer, mengambil gambar, dan mengirim notifikasi ke Telegram.
4. Buzzer berfungsi sebagai alarm ketika PIR mendeteksi gerakan atau MQ-2 mendeteksi indikasi gas/asap. Pada MQ-2, buzzer aktif selama 3 detik.
5. Breadboard sebagai papan menyusun komponen alat yang digunakan.

4.2. Hasil Prototype Sistem



Gambar 4. Prototype Sistem

Prototipe sistem yang terlihat di Gambar 4 adalah hasil dari proses pengembangan memanfaatkan pendekatan *Research and Development* (R&D). Prototipe ini dibuat berdasarkan analisis kebutuhan serta desain sistem, mengintegrasikan ESP32-CAM sebagai mikrokontroler utama, sensor PIR mendeteksi gerakan, sensor MQ2 untuk mendeteksi indikasi asap, buzzer yang berfungsi sebagai alarm, dan aplikasi Telegram sebagai alat notifikasi. Di bagian depan prototipe, terdapat sensor PIR, sensor MQ2, dan kamera ESP32-CAM, sedangkan di bagian dalamnya terdapat rangkaian elektronik yang menghubungkan semua komponen tersebut. Prototipe yang telah dirancang ini dapat beroperasi sesuai spesifikasi, yaitu dengan kemampuan mendeteksi gerakan dan asap, menyalakan buzzer sebagai alarm, serta mengirimkan notifikasi serta foto dari kamera ke Telegram secara langsung, sehingga sistem ini dapat berfungsi sebagai alat pemantauan keamanan untuk ruang guru.

4.2. Pengujian Sensor PIR

Pada dasarnya sensor PIR dapat membaca dengan efektif hingga jarak 5 meter. Namun jangkauan dan sudut pembacaan dari sensor PIR berbeda-beda, tergantung pada karakteristik

masing-masing sensor. Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat sejauh mana efektifitas dari sensor PIR

Tabel 1.
Hasil Pengujian Jarak Sensor PIR

Jarak Deteksi	Gerakan Terdeteksi	Buzzer	Foto Terkirim ke Telegram
1 Meter	Berhasil	Aktif	
2 Meter	Berhasil	Aktif	
3 Meter	Berhasil	Aktif	
4 Meter	Berhasil	Aktif	
5 Meter	Berhasil	Aktif	

5,5 Meter	Tidak Berhasil	Tidak Aktif	Tidak Keluar Notifikasi Foto
-----------	----------------	-------------	------------------------------

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, kemampuan deteksi sensor PIR ditentukan berdasarkan hasil pengujian berulang pada setiap jarak. Sensor dinyatakan efektif pada jarak tertentu apabila mampu mendeteksi pergerakan dan menjalankan rangkaian respons sistem sesuai dengan fungsi yang dirancang. Respons tersebut meliputi aktivasi buzzer, pengambilan gambar oleh ESP32-CAM, serta pengiriman notifikasi ke aplikasi Telegram. Tingkat keberhasilan pada setiap jarak dihitung menggunakan perbandingan jumlah percobaan yang berhasil terhadap jumlah seluruh percobaan. Pengujian juga mempertimbangkan kondisi sudut dan arah gerak objek. Sensor PIR ditempatkan pada posisi tetap, sedangkan objek bergerak pada arah yang telah ditentukan dengan sudut relatif terhadap sensor yang dibuat sama pada setiap percobaan. Objek yang digunakan adalah manusia sebagai objek deteksi. Kondisi lingkungan, seperti posisi sensor, area pengujian, dan kondisi pencahayaan, dijaga relatif sama agar perubahan hasil pengujian lebih dipengaruhi oleh jarak objek terhadap sensor. Berdasarkan karakteristik pengujian tersebut, batas 5 meter tidak hanya ditentukan dari satu kali percobaan, tetapi berdasarkan hasil pengulangan pada setiap jarak. Apabila hasil pengujian menunjukkan penurunan tingkat keberhasilan pada jarak lebih dari 5 meter, kondisi tersebut dapat menjadi dasar dalam menentukan area pemasangan sensor PIR. Oleh karena itu, penempatan sensor perlu mempertimbangkan jarak, sudut deteksi, dan arah pergerakan objek agar cakupan pengawasan ruang guru dapat dimaksimalkan.

4.2. Pengujian Sensor Asap



Gambar 5. Pemantau Sensor Asap

Berdasarkan Gambar 5, ketika sensor MQ2 mendeteksi indikasi asap, ESP32-CAM memproses kondisi tersebut dan mengaktifkan buzzer sebagai alarm selama 3 detik. Selanjutnya, sistem mengirimkan notifikasi peringatan melalui Telegram dengan pesan “PERINGATAN! Gas/asap terdeteksi!”. Pengguna dapat mengetahui kondisi tersebut melalui notifikasi yang diterima pada Telegram. Untuk mengetahui kinerja sensor MQ2, dilakukan pengujian pada kondisi terdapat dan tidak terdapat asap. Parameter yang diamati meliputi hasil deteksi sensor, kondisi buzzer, keberhasilan pengiriman notifikasi Telegram, dan jumlah pengujian yang berhasil. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor MQ2

No	Kondisi Uji	Hasil Deteksi	Buzzer	Telegram	Hasil
1	Ada asap	Terdeteksi	Aktif 3 detik	Terkirim	Berhasil
2	Ada asap	Terdeteksi	Aktif 3 detik	Terkirim	Berhasil
3	Ada asap	Terdeteksi	Aktif 3 detik	Terkirim	Berhasil

4	ada asap	Terdeteksi	Aktif 3 detik	Terkirim	Berhasil
5	Tidak ada asap	Tidak Terdeteksi	Tidak aktif	Tidak ada	Berhasil

5. Kesimpulan

Hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem pemantauan keamanan berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32-CAM, sensor PIR, sensor MQ2, buzzer, dan Telegram pada ruang guru berhasil dibangun dan berfungsi sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Sistem dapat mendeteksi gerakan menggunakan sensor PIR dengan jangkauan efektif hingga 5 meter, mengaktifkan buzzer selama 2 detik, mengambil gambar menggunakan ESP32-CAM, serta mengirimkan notifikasi beserta foto ke Telegram. Sensor MQ2 juga mampu mendeteksi indikasi asap, mengaktifkan buzzer selama 3 detik, dan mengirimkan notifikasi peringatan ke Telegram. Keterbatasan sistem terletak pada jangkauan deteksi PIR yang diuji hingga 5 meter, ketergantungan pengiriman notifikasi terhadap koneksi Wi-Fi, serta pengujian MQ2 yang masih menggunakan deteksi biner sehingga belum menunjukkan nilai konsentrasi asap secara kuantitatif. Oleh karena itu, hasil penelitian ini terbatas pada prototipe dan ruang guru sebagai lokasi pengujian.

Referensi

- [1] Rouhillah, Inzar Salfikar, and Fajri Aqsalmi, "Implementasi Sensor PIR Dan Kamera Untuk Keamanan Ruangan Berbasis Internet of Things," *J-Innovation*, vol. 12, no. 1, pp. 20–24, 2023, doi: 10.55600/jipa.v12i1.177.
- [2] D. Gusmalawati¹ and Z. A. , Rodiyati Azrianingsih², 3, "G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 100–109, 2022.
- [3] S. I. Allkadri and Y. Chandra, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis Internet Of Thing (IoT)," *Electr. Netw. Syst. Sources*, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2023, doi: 10.58466/entries.v2i2.1131.
- [4] F. Humam and M. A. Triawan, "Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan ESP32CAM dan Sensor Gerak Berbasis IoT," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 7, no. 2, pp. 575–584, 2024, doi: 10.29408/jit.v7i2.26109.
- [5] H. A. Kusuma, S. B. Wijaya, and D. Nusyirwan, "Sistem Keamanan Rumah Berbasis Esp32-Cam Dan Telegram Sebagai Notifikasi," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 8, no. 1, p. 30, 2023, doi: 10.32897/infotronik.2023.8.1.2291.
- [6] E. V. Manullang and S. Rumere, "RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PIR DAN ESP32-CAM," *J. Teknol. Inf.*, vol. 12, no. 1, pp. 9–15, 2024, doi: 10.58839/jti.v12i1.1359.
- [7] F. Oktafiani and D. Widhiantoro, "Studi Literatur Penggunaan ESP32 untuk Sistem Keamanan Lingkungan Rumah," *Semin. Nas. Inov. Vokasi*, vol. 4, no. 1, pp. 267–274, 2025.
- [8] Candra Supriadi and Priyadi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Deteksi Dini Kebakaran Ruang Server Berbasis Iot," *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 3, pp. 35–45, 2025, doi: 10.51903/432zjf74.
- [9] S. Suherman, H. Hermansyah, and J. Syahpita, "Sistem Alarm Deteksi Gerak Berbasis IoT Menggunakan Sensor PIR dan ESP32 dengan Notifikasi Telegram Real-Time," *J. Komput. Teknol. Inf. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 1469–1476, 2025, doi: 10.62712/juktisi.v4i2.701.
- [10] A. Kurniawan, A. Frisca, R. Yudha Pratama, and P. Pramono, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Asap Dalam Ruangan Menggunakan Sensor MQ-2 untuk Keamanan Lingkungan," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, pp. 594–600, 2025, doi: 10.47701/1sa4xc24.
- [11] F. Wibowo, Suheri, M. Diponegoro, and B. Hermanto, "Desain dan Implementasi Smart Laboratory Berbasis IOT Menggunakan ESP32 dan Thingsboard untuk Meningkatkan Keamanan dan Keselamatan di Laboratorium Teknik Informatika POLNEP," *Elit J. Electrotech. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 13–21, 2022.
- [12] S. Winardi, Firmansyah, and W. A. Kristiana, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Arduino UNO," *e-Jurnal Nar.*, vol. 3, no. 1, pp. 53–63, 2023.
- [13] S. Damayanti and Z. M. Noer, "Smart Dustbin Berbasis Internet of Things (IoT) Sistem Informasi Menggunakan Telegram," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 451–462, 2025, doi: 10.57152/malcom.v5i1.1754.
- [14] J. T. Simanungkalit and B. M. Rambe, "Penerapan IOT Dalam Pendeteksi Gas (CO) Dan Kebakaran Dengan Notifikasi Aplikasi Telegram," *J. Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 691–701, 2025, doi: 10.33395/jmp.v14i1.14843.