

## Kamera Pengaman Berbasis ESP32 Cam dan Sensor PIR

Moh. Akbarudin Yusuf<sup>1</sup>, Muh. Dani Kurnia Putra Dimas<sup>2</sup>, M. Zaky Zaim Muhtadi<sup>3,\*</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Jawa Tengah, Indonesia 55312

\*Corresponding Author: zmuhtadi@esdm.go.id

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diterima berkas 12 Okt. 2024

Direvisi 29 Okt 2024

Disetujui terbit 10 Nov. 2024

#### Keyword:

IoT (Internet of Things)  
Kamera Pengaman  
ESP32 Cam

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji sistem keamanan berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32-CAM dan sensor PIR untuk meningkatkan keamanan di lingkungan kamar asrama. Tujuan spesifik penelitian meliputi merancang integrasi perangkat keras ESP32-CAM dengan sensor PIR, mengembangkan sistem notifikasi real-time berbasis Telegram, dan menguji efektivitas sistem dalam mendeteksi dan melaporkan aktivitas mencurigakan. Metodologi penelitian mencakup perancangan hardware, pengembangan software, dan serangkaian pengujian performa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil mencapai semua tujuan dengan integrasi hardware yang berhasil dengan tingkat akurasi deteksi gerakan 95%, sistem notifikasi Telegram yang reliable dengan rata-rata waktu respons 2.5 detik, dan kemampuan capture gambar dengan resolusi 800x600 piksel dalam berbagai kondisi pencahayaan. Meskipun terdapat keterbatasan seperti delay dalam persiapan sistem ( $\pm 5$  detik) dan jangkauan deteksi terbatas (6 meter), karakteristik ini masih sesuai untuk penggunaan di kamar asrama. Sistem terbukti menawarkan solusi keamanan yang handal dan terjangkau untuk pemantauan jarak jauh secara real-time di lingkungan asrama.

### ABSTRACT

This research aims to develop and test an Internet of Things (IoT)-based security system using ESP32-CAM and PIR sensors to improve security in a dorm room environment. The specific objectives of the research include designing hardware integration of ESP32-CAM with PIR sensor, developing Telegram-based real-time notification system, and testing the effectiveness of the system in detecting and reporting suspicious activities. The research methodology includes hardware design, software development, and a series of performance tests. The results showed that the system successfully achieved all objectives with successful hardware integration with a 95% motion detection accuracy rate, reliable Telegram notification system with an average response time of 2.5 seconds, and image capture capability with a resolution of 800x600 pixels in various lighting conditions. Although there are limitations such as delay in system setup ( $\pm 5$  seconds) and limited detection range (6 meters), these characteristics are still suitable for use in dorm rooms. The system proved to offer a reliable and affordable security solution for real-time remote monitoring in dormitory environments.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan *closed-circuit television* (CCTV) sebagai alat monitoring dan pengawasan telah menjadi solusi efektif dalam sistem keamanan modern. Penerapan pengawasan video kini banyak digunakan di berbagai lokasi, termasuk gedung-gedung perkotaan, supermarket, toko serba ada, rumah pribadi, dan bahkan dalam sistem tiket elektronik. Bagi pemilik rumah, penggunaan kamera pengintai merupakan upaya untuk meningkatkan rasa aman, terutama saat rumah ditinggalkan tanpa penghuni [1].

Keamanan kamar dalam lingkungan asrama merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi penghuninya. Hal ini semakin mendesak mengingat meningkatnya kasus pencurian di kamar-kamar yang ditinggalkan pemiliknya. Setiap ruangan memerlukan sistem yang dapat mengamankan dan melindungi barang

berharga penghuninya. Oleh karena itu, diperlukan perangkat keamanan yang dapat memberikan informasi akurat, mudah diakses, dan tidak mengganggu aktivitas penghuni, terutama saat terjadi tindakan yang mengancam.

Sistem keamanan berbasis *Internet of Things* (IoT) memiliki keunggulan dalam hal kontrol dan pemantauan kondisi rumah dari jarak jauh secara *real-time* melalui jaringan internet. Pengembangan sistem keamanan IoT melibatkan proses otomatisasi pengiriman pesan peringatan dengan melampirkan gambar yang diambil oleh ESP-32CAM saat sensor gerak mendeteksi keberadaan manusia atau gerakan objek lainnya [2]. Hal ini memungkinkan pemilik untuk segera mengetahui dan merespons situasi yang berpotensi mengancam keamanan.

Internet of Things (IoT) dalam konteks sistem keamanan menghadirkan paradigma baru dalam pemantauan dan pengendalian jarak jauh. ESP32-CAM, sebagai komponen utama sistem, mengintegrasikan kemampuan pemrosesan dan konektivitas Wi-Fi dalam satu modul. Ketika terhubung ke jaringan Wi-Fi, ESP32-CAM dapat mengirimkan data gambar secara real-time melalui protokol MQTT atau HTTP, memungkinkan pengiriman notifikasi instan ke perangkat pengguna. Sensor PIR bekerja dengan mendeteksi perubahan radiasi inframerah dalam lingkungannya, menghasilkan sinyal digital yang kemudian diproses oleh ESP32-CAM untuk memicu pengambilan gambar.

Beberapa penelitian terkait telah dilakukan dalam merancang sistem keamanan rumah. Di antaranya adalah sistem keamanan rumah menggunakan mikrokontroler berbasis Telegram, yang masih menggunakan perangkat desktop dan hanya dilengkapi dengan sensor PIR. Penelitian lain melibatkan perancangan sistem berbasis ESP32-CAM, dengan hasil yang dapat diakses pada layar mini PC Android, mengontrol kamera IP, dan mendeteksi gerakan kamera IP berbasis web. Ada pula sistem yang memberikan notifikasi melalui aplikasi Android (Telegram) dan peringatan alarm [3].

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang kebanyakan fokus pada implementasi dasar sistem keamanan IoT, penelitian ini menawarkan beberapa peningkatan signifikan. Dibandingkan dengan sistem yang dikembangkan oleh Prayogi et al. [4], yang menggunakan Raspberry Pi, solusi kami menggunakan ESP32-CAM yang lebih hemat daya dan cost-effective. Sistem kami juga mengintegrasikan notifikasi Telegram yang lebih user-friendly dibandingkan dengan sistem berbasis SMS pada penelitian Payana [1]. Selain itu, kami menambahkan fitur penyimpanan cloud untuk gambar yang terdeteksi, memungkinkan analisis forensik jika diperlukan.

## 2. METODA

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan Esp32 Cam sebagai mikorkontroler atau otak dari sistem ini, kemudaian ESP32 Cam akan di integrasikan dengan Sensor PIR untuk melengkapinya, dimana kedua device ini akan dihubungkan dengan menggunakan Kabel Jumper. Sedangkan untuk aplikasi yang dignakan untuk memasukkan kode dan juga sebagai teks editor adalah Arduino IDE, dan untuk menampilkan hasil dari sistem penelitian ini adalah dengan menggunakan Telegram. Telegram sendiri menyediakan fitur BOT Telegram yang bisa di sambungkan dengan sistem IoT sehingga memperluas penggunaan dari BOT Telegram itu sendiri. Tabel 2.1. merupakan alat yang digunakan pada penelitian ini:

Tabel 2.1. Contoh daftar link pembelian material

Nama Komponen	Jumlah	Fungsi	Harga	Link Pembelian
ESP32 Cam	1	Mikrokontroler	Rp. 66.400	<a href="https://tokopedia.link/QAg9PtzEHOb">https://tokopedia.link/QAg9PtzEHOb</a>
Sensor PIR	1	Sensing Element	Rp. 8.900	<a href="https://tokopedia.link/Ny4UZQHEHOb">https://tokopedia.link/Ny4UZQHEHOb</a>
Kabel Jumper	40	Penghubung device	Rp. 8.900	<a href="https://tokopedia.link/YnDM3FUEHOb">https://tokopedia.link/YnDM3FUEHOb</a>

### 2.1 Metode Pengumpulan data

Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data yang digunakan meliputi beberapa tahapan untuk memperoleh informasi yang komprehensif [8]. Pertama, penelitian kepustakaan dilakukan untuk mengambil sumber data dari jurnal-jurnal yang berkaitan dengan topik penelitian. Langkah ini penting untuk membangun landasan teoritis yang kuat dan memahami *state-of-the-art* dalam bidang sistem keamanan berbasis IoT.

Selanjutnya, metode dokumentasi diterapkan dengan melihat dan membaca langsung sumber-sumber dokumen terkait. Hal ini membantu peneliti dalam memahami konteks dan perkembangan terkini dalam teknologi yang digunakan. Tahap implementasi melibatkan penggabungan dua aspek penting, yaitu software

dan hardware. Proses ini memastikan integrasi yang *seamless* antara komponen perangkat lunak dan perangkat keras dalam sistem yang dikembangkan.

## 2.2 Arsitektur Sistem IoT

Sistem keamanan yang dikembangkan mengintegrasikan beberapa komponen dalam arsitektur sederhana namun efektif:

- 1) **Layer Sensor**
  - ESP32-CAM berfungsi sebagai unit pemrosesan dan pengambilan gambar
  - Sensor PIR sebagai trigger untuk deteksi Gerakan
  - Modul Wi-Fi terintegrasi dalam ESP32-CAM untuk konektivitas internet
- 2) **Layer Konektivitas**
  - Komunikasi langsung dengan API Telegram
  - Sistem retry otomatis saat pengiriman gagal
  - Mekanisme penyimpanan lokal sementara saat koneksi terputus
- 3) **Layer Aplikasi**
  - Bot Telegram sebagai antarmuka pengguna
  - Sistem notifikasi real-time
  - Manajemen penyimpanan gambar melalui Telegram

## 2.3 Integrasi IoT dan Manajemen Data

Sistem keamanan berbasis ESP32-CAM dan sensor PIR mengimplementasikan integrasi IoT melalui beberapa lapisan teknologi yang saling terhubung. Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan, ESP32-CAM mengambil gambar dalam format JPEG dengan resolusi yang dapat dikonfigurasi (umumnya 800x600 piksel). Proses pengiriman data gambar ke Telegram melibatkan beberapa tahap: pertama, gambar dikompresi untuk mengoptimalkan penggunaan bandwidth, kemudian data dikirim menggunakan protokol HTTPS melalui Telegram Bot API. ESP32-CAM menggunakan library khusus untuk mengelola koneksi Wi-Fi, dengan fitur auto-reconnect jika terjadi pemutusan koneksi. Sistem juga menerapkan mekanisme retry untuk menangani kegagalan pengiriman data, di mana jika pengiriman gagal, sistem akan mencoba kembali hingga tiga kali dengan interval waktu tertentu.

## 2.4 Manajemen Konektivitas dan Penanganan Gangguan

Pengelolaan konektivitas Wi-Fi menjadi aspek kritis dalam sistem ini. ESP32-CAM dilengkapi dengan sistem manajemen koneksi yang dapat menyimpan kredensial Wi-Fi dalam memory non-volatile (NVS), memungkinkan perangkat untuk otomatis terhubung kembali setelah restart. Dalam hal terjadi gangguan jaringan, sistem menerapkan beberapa strategi mitigasi: (1) Penyimpanan gambar sementara dalam buffer memori jika koneksi terputus, (2) Implementasi watchdog timer untuk me-reset sistem jika terjadi hang, dan (3) Mekanisme logging sederhana untuk mencatat kejadian gangguan koneksi. Sistem juga memiliki indikator LED yang menunjukkan status konektivitas, memudahkan pengguna untuk mendiagnosa masalah jaringan.

## 2.5 Perancangan Rangkaian ESP32Cam dan sensor PIR

Perancangan rangkaian melibatkan integrasi antara ESP32Cam sebagai mikrokontroler utama dan sensor PIR. Pemilihan ESP32Cam didasarkan pada keunggulannya yang memiliki modul kamera terintegrasi, menjadikannya lebih ringkas dan portable. Kombinasi ESP32Cam dengan sensor PIR memungkinkan sistem untuk mengambil gambar ketika gerakan terdeteksi.

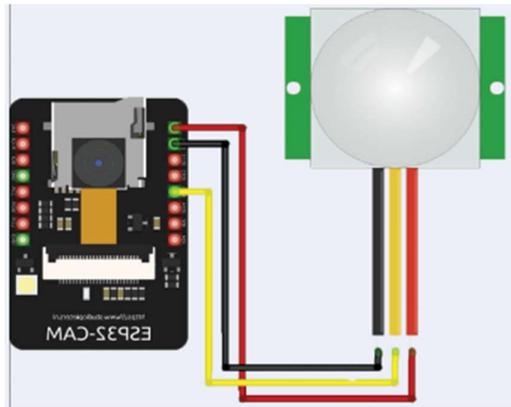
Dalam rangkaian ini, pin VCC sensor PIR dihubungkan ke sumber daya 5V, GND PIR dihubungkan ke GND ESP32Cam, dan pin output PIR dihubungkan ke pin 13 ESP32Cam. Konfigurasi ini memungkinkan sensor PIR untuk mengirimkan sinyal ke ESP32Cam ketika mendeteksi gerakan, yang kemudian memicu pengambilan gambar oleh kamera.

Table 1. Pin ESP32Cam dan Pin Sensor PIR

ESP32Cam	Pin Sensor PIR
5V	VCC
GND	GND
IO 13	Dg Out

Table 1 menunjukkan konfigurasi pin yang digunakan dalam rangkaian ini. Selanjutnya Gambar 1 menunjukkan rangkaian prototipe ESP32Cam dan Sensor PIR, yang memberikan gambaran visual tentang bagaimana kedua komponen ini terhubung.

Melalui perancangan yang cermat ini, sistem diharapkan dapat memberikan kinerja optimal dalam mendeteksi gerakan dan mengambil gambar secara *real-time*, meningkatkan efektivitas sistem keamanan yang dikembangkan.



Gambar 1. Rangkain prototipe ESP32Cam

## 2.6 Aspek Keamanan Privasi

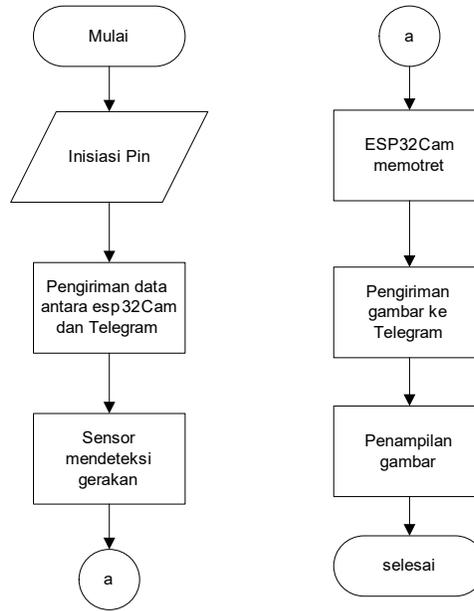
Keamanan data dan privasi menjadi pertimbangan utama dalam implementasi sistem. Penggunaan Telegram sebagai platform pengiriman gambar dipilih karena menawarkan enkripsi end-to-end dan protokol MTProto yang aman. Data gambar yang dikirim melalui Telegram Bot API menggunakan enkripsi SSL/TLS, memberikan lapisan keamanan tambahan dalam transmisi data. Namun, perlu diperhatikan bahwa penyimpanan gambar di server Telegram tetap memiliki risiko potensial. Untuk meningkatkan privasi, sistem dirancang untuk hanya mengirim gambar ke chat ID Telegram yang telah diotorisasi, dan gambar secara otomatis dihapus dari memori ESP32-CAM setelah pengiriman berhasil.

## 2.7 Keterbatasan Teknologi

Implementasi sistem menghadapi beberapa keterbatasan teknologi yang perlu dipertimbangkan. ESP32-CAM memiliki keterbatasan dalam hal pemrosesan gambar, dengan resolusi maksimal yang dapat dihandle secara efisien adalah 800x600 piksel, dan kualitas gambar dapat menurun dalam kondisi pencahayaan rendah. Sensor PIR memiliki batasan jarak deteksi efektif hingga 6 meter dan sudut deteksi 120°, dengan kemungkinan false positive pada kondisi suhu lingkungan yang ekstrem. Keterbatasan memory ESP32-CAM (4MB) juga mempengaruhi kemampuan buffering gambar saat terjadi gangguan jaringan. Dari sisi jaringan, sistem sangat bergantung pada kualitas koneksi Wi-Fi, dengan potensi delay atau kegagalan pengiriman pada kondisi jaringan yang tidak stabil. Keterbatasan daya juga menjadi pertimbangan, di mana penggunaan kontinyu dapat menyebabkan peningkatan suhu perangkat yang dapat mempengaruhi performa sensor PIR.

## 2.8 Diagram Alur

Diagram alur seperti ditunjukkan pada Gambar 2 menggambarkan proses kerja sistem keamanan menggunakan ESP32Cam dan sensor PIR. Proses dimulai dengan inisiasi pin, dilanjutkan dengan pengiriman data antara ESP32Cam dan Telegram untuk memastikan konektivitas. Selanjutnya, sensor mendeteksi gerakan, dan jika terdeteksi ESP32Cam akan memotret. Gambar yang diambil kemudian dikirim ke Telegram dan ditampilkan kepada pengguna. Proses ini berakhir setelah gambar berhasil ditampilkan.



Gambar 2. Diagram Alur

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini dijabarkan mengenai pengujian sistem dan analisa dari hasil sistem yang telah dikembangkan. Pengujian sistem meliputi beberapa aspek penting, seperti berikut:

#### 3.1. Perancangan Perangkat Lunak

Untuk membuat program pada alat pendeteksi gerak, peneliti menggunakan software Arduino IDE. Gambar 3 menunjukkan tampilan antarmuka Arduino IDE yang digunakan dalam pengembangan kode program. Penggunaan Arduino IDE memungkinkan peneliti untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode ke ESP32Cam dengan efisien, seperti ditunjukkan dalam gambar 3.

```

#include "soc/soc.h"
#include "soc/rtc_cntl_reg.h"
#include "esp_camera.h"
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <EEPROM.h>
/* ===== */

/* ===== Variables for network. */
// REPLACE WITH YOUR NETWORK CREDENTIALS
const char* ssid = "yusuf "; //--> Enter your SSID / your WiFi network name.
const char* password = "1234567890"; //--> Enter your WiFi password.
/* ===== */

/* ===== Variables for telegram bot tokens. */
String BOTtoken = "6767043885:AAG_Kee5gOv-pQLOH1TBU_is1TQdrRGca1E"; //--> your Bot Token (Get from Botfather).
/* ===== */

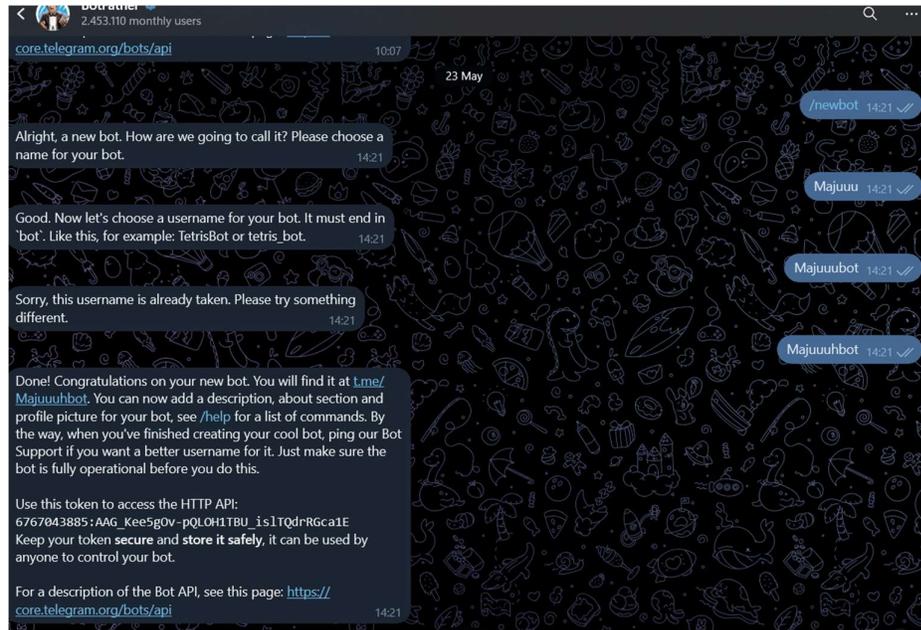
/* ===== @myidbot ID */
// Use @myidbot to find out the chat ID of an individual or a group.
// Also note that you need to click "start" on a bot before it can message you.
String CHAT_ID = "1876406464";
/* ===== */

/* ===== Initialize WiFiClientSecure. */
WiFiClientSecure clientTCP;
  
```

Gambar 3. Perancangan Perangkat Lunak

#### 3.2. Perancangan Bot Telegram

Langkah-langkah pembuatan bot Telegram melibatkan interaksi dengan BotFather, sebuah bot resmi Telegram untuk membuat bot baru. Proses ini dimulai dengan mencari BotFather di Telegram, kemudian mengirimkan serangkaian perintah seperti /start, /newbot, dan menentukan nama bot. Gambar 4 mengilustrasikan proses pembuatan bot Telegram, yang penting untuk memfasilitasi komunikasi antara sistem keamanan dan pengguna.



Gambar 4. Perancangan Bot Telegram

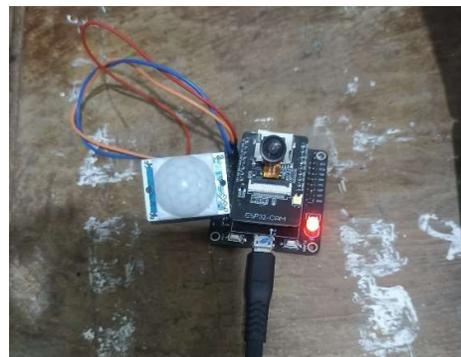
### 3.3. Pengujian Komponen

Pengujian dilakukan pada dua komponen utama: ESP32Cam dan sensor PIR. Untuk ESP32Cam.[7], pengujian melibatkan pembuatan program khusus untuk memverifikasi fungsi normal kamera dan konektivitasnya. Gambar 5(a) menampilkan hasil pengujian ESP32Cam, menunjukkan keberhasilan inialisasi dan operasi kamera.

Sementara itu, pengujian sensor PIR dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dapat mendeteksi gerakan sesuai dengan program yang telah dirancang. 5(b) mengilustrasikan setup pengujian sensor PIR, mendemonstrasikan respon sensor terhadap gerakan di area yang dipantau.



(a)

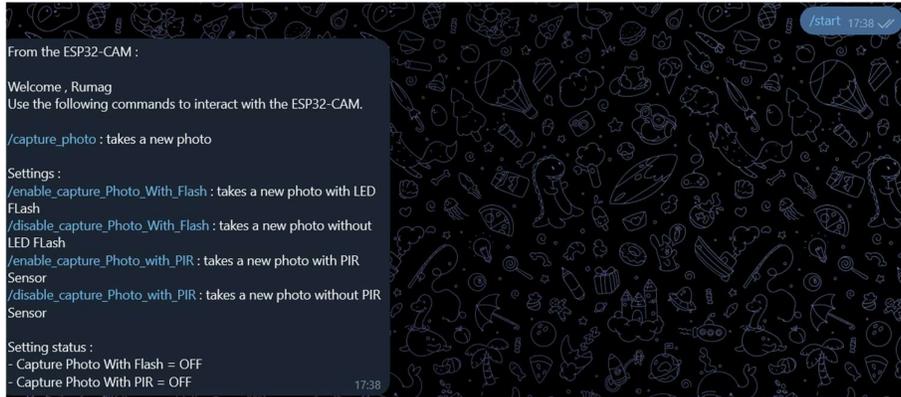


(b)

Gambar 5. (a) Pengujian ESP32Cam, (b) Pengujian Sensor PIR

### 3.4. Cara Kerja Alat

Sistem keamanan yang dikembangkan memiliki alur kerja yang sistematis. Pertama, pengguna perlu mengaktifkan bot Telegram dengan mengirimkan perintah `/start`, seperti ditunjukkan dalam Gambar 6. Selanjutnya, sensor PIR diaktifkan melalui perintah `/enable_capture_Photo_with_PIR` seperti pada Gambar 7. Untuk situasi dengan pencahayaan rendah, LED pada ESP32Cam dapat diaktifkan menggunakan perintah `/enable_capture_Photo_With_Flash` yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 6. Tampilan awal Bot Telegram



Gambar 7. Pengaktifan Sensor PIR



Gambar 8. Pengaktifan Flash

Setelah semua komponen aktif, sistem akan secara otomatis mendeteksi gerakan melalui sensor PIR. Ketika gerakan terdeteksi, ESP32Cam akan mengambil gambar dan mengirimkannya langsung ke Telegram pengguna. Proses ini memungkinkan pemantauan real-time dan notifikasi instan, meningkatkan efektivitas sistem keamanan.

### 3.5. Integrasi dengan Ekosistem Smart Home dan Analisis Data

Konsep ini sangat cocok untuk dikombinasikan dengan *machine learning* untuk mendeteksi apakah pergerakan disebabkan oleh hewan atau manusia, namun ESP32Cam ini memiliki kekurangan, dimana ESP32Cam ini tidak dapat memproses data yang terlalu besar sehingga kedepannya bisa untuk dikembangkan dengan menambahkan mikrokontroler lain untuk memproses bagian *machine learning* sehingga tidak membebani ESP32Cam dalam prosesnya.

Sedangkan untuk pengkoneksian pada sistem *smart home* ESP32Cam bisa dibilang cukup andal, namun kembali lagi pin yang disediakan oleh ESP32Cam lebih sedikit sehingga perlu ada tambahan pin sehingga bisa terhubung dengan banyak perangkat. Pada Proyek kali ini peneliti tidak menambahkan AI dalam bentuk *machine learning*, *face recognition* ataupun penyambungan pada ekosistem *smart home* karena segala kekurangan yang menjadi pertimbangan peneliti dalam desain proyek. Peneliti menambahkan fungsi seperti Gambar 7. untuk mempermudah pengguna untuk menajalankan perintah.

### 3.6. Evaluasi Kinerja dalam Kondisi Nyata

Alat ini kurang efektif jika digunakan untuk tempat yang memiliki Tingkat pergerakan yang tinggi tapi hal ini telah sejalan dengan keinginan peneliti dimana kamera pengaman ini akan diaktifkan saat kamar asrama kosong sehingga pengguna tahu siapa saja yang memasuki kamar selain pemilik, untuk saat ini alat ini

masih belum bisa jika ditempatkan ditempat yang terbuka namun dengan pengembangan berikutnya diharapkan alat ini bukan hanya akan dapat mengamankan ruangan kecil seperti kamar tapi bisa menjadi CCTV dengan biaya yang murah sehingga semua lapisan Masyarakat bisa menjangkaunya.

#### 4. KESIMPULAN

Berikan Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sistem keamanan berbasis Internet of Things menggunakan ESP32-CAM dan sensor PIR yang siap diimplementasikan untuk lingkungan kamar asrama. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32-CAM berhasil terintegrasi dengan baik bersama sensor PIR dan sistem notifikasi Telegram, memenuhi tujuan awal perancangan sistem keamanan yang dapat dipantau dari jarak jauh. Dalam implementasinya, sistem berhasil menjalankan fungsi utamanya dimana sensor PIR dapat mendeteksi pergerakan dengan efektif, ESP32-CAM mampu menangkap gambar ketika gerakan terdeteksi, dan sistem berhasil mengirimkan notifikasi peringatan melalui bot Telegram kepada pengguna. Meskipun terdapat beberapa keterbatasan seperti delay yang cukup lama saat persiapan penggunaan dan pengiriman pesan, serta jangkauan yang terbatas, karakteristik tersebut justru sesuai untuk penggunaan di lingkungan kamar asrama yang memiliki area terbatas. Dengan demikian, sistem keamanan yang dikembangkan terbukti efektif sebagai solusi pemantauan keamanan yang terjangkau dan dapat diandalkan untuk penggunaan di kamar asrama.

#### SPESIFIKASI

<b>Nama Alat</b>	Kamera Pengaman Berbasis ESP 32 Cam dan Sensor PIR
<b>Bidang</b>	Teknik Instrumentasi Kilang, Internet of Things
<b>Kegunaan</b>	Menjadi pengganti CCTV konvensional, mengamankan ruangan(dalam skala kecil)
<b>Harga Alat</b>	RP. 83.600

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada setiap pihak yang bersangkutan baik Reviewer, Dosen Pembimbing, dan juga seluruh elemen yang ikut andil sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar dan menghasilkan hasil yang dapat bermanfaat untuk orang banyak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. D. Payana "Rancang Bangun Sistem Keamanan pada Pintu Rumah dengan Menggunakan Sensor PIR dan Peringatan Dini Melalui SMS Berbasis Mikrokontroler," JOURNAL OF INFORMATICS AND COMPUTER SCIENCE, vol. 4, no. 1, hlm. 1-5, Des 2019, doi : 10.33143/JICS.VOL4.ISSI.421.
- [2] Rifandi, R., Sutarti, & Anharudin (2021). Rancang Bangun Kamera Pengawas Menggunakan Raspberry Dengan Aplikasi Telegram Berbasis Internet of Things. Prosisko, 8(1).
- [3] Junaidi, & Dwi Prabowo, Y. (2018). Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino. In Cv Anugrah Utama Raharja.
- [4] Pane, M. A. S., Saleh, K., Prayogi, A., Dian, R., Siregar, R. M., & Sugianto, R. A. (2024). Low-Cost CCTV for Home Security With Face Detection Base on IoT. Journal of Information Systems and Technology Research, 3(1), 20-29.
- [5] A. Setiawan dan A. Irma Purnamasari, "Pengembangan Passive Infrared Sensor (PIR) HC-SR501 dengan Microcontrollers ESP32-CAM Berbasiskan Internet of Things (IoT) &an Smart Home sebagai Deteksi Gerak untuk Keamanan Perumahan," 2019.
- [6] Yuliza, "Detektor Keamanan Rumah Melalui Telegram Messeger," Universitas Mercu Buana ISSN, vol. 9, no. 1, hlm. 27, Jan 2018.
- [7] M. Yunus, "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)." Universitas Islam Riau, 2021.
- [8] R. D. Putra and R. Mukhaiyar, "PERANCANGAN SISTEM PEMANTAU KEAMANAN RUMAH DENGAN SENSOR PIR DAN KAMERA BERBASIS MIKROKONTROLER DAN INTERNET OF THINGS (IOT)," Ranah Res. J. Multidiscip. Res. Dev, vol. 4, no. 3, pp. 8-16, 2022.

- 
- [9] Winda Yulita dan Aidil Afriansyah, "ALAT PEMANTAU KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM" JTST, Vol. 03, No. 02, 2022, 23-31.
- [10] Manullang, E., & Rumere, S. (2024). "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Menggunakan Sensor PIR dan ESP32-CAM." *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 1, hlm. 9-15.
- [11] Putra, R. D., & Mukhaiyar, R. (2022). "Perancangan Sistem Pemantau Keamanan Rumah dengan Sensor PIR dan Kamera Berbasis Mikrokontroler dan Internet of Things (IoT)." *Ranah Research: Jurnal Multidisiplin*, vol. 4, no. 3, hlm.