

DETEKSI GERAK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN SENSOR PIR DAN ESP32 DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM

Muhammad Robby Z¹, Hari Purwadi², Dwi Titi Maesaroh³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Samarinda; Jl. Dr. Cipto Mangunkusumo Samarinda 75131;

Keywords:

Deteksi Gerak, ESP32, *Internet of Things*, Notifikasi Telegram, *Passive Infrared Sensor*.

Correspondent Email:

rrobby234@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini mengembangkan dan menguji sistem deteksi gerak menggunakan mikrokontroler ESP32 dan *Passive Infrared Sensor* (PIR) yang dapat mengirimkan peringatan kepada pengguna melalui aplikasi Telegram secara *real-time*. Metode penelitian berupa eksperimen pengujian perangkat keras, pengujian deteksi gerakan, dan pengiriman data deteksi ke platform pemantauan berbasis internet untuk ditampilkan dalam bentuk grafik. Selain itu, analisis statistik tingkat keberhasilan deteksi dan *stress test* dilakukan untuk mengukur stabilitas sistem dalam kondisi beban operasional yang tinggi. Untuk meningkatkan stabilitas sistem ketika terjadi gangguan jaringan, diterapkan mekanisme *offline backup* menggunakan *Serial Peripheral Interface Flash File System* (SPIFFS) yaitu penyimpanan sementara menggunakan sistem berkas yang ada pada memori flash mikrokontroler sehingga data deteksi tetap tersimpan dan dapat dikirim setelah koneksi pulih kembali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem tersebut mampu mendeteksi gerakan, membunyikan alarm, serta mentransmisikan notifikasi kepada pengguna secara *real-time*. Selain itu, sistem menyediakan pencatatan data, yang dapat dipantau dan dianalisis lebih lanjut. Diharapkan bahwa sistem yang dikembangkan ini menjadi solusi pemantauan keamanan ruangan yang efektif dan dapat dikontrol dari mana saja melalui integrasi jaringan internet.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. This study developed and tested a motion detection system using an ESP32 microcontroller and *Passive Infrared Sensor* (PIR) that can send *real-time* alerts to users via the Telegram app. The research methods included hardware testing, motion detection testing, and the transmission of detection data to an Internet-based monitoring platform for display in graphical form. Additionally, statistical analyses of the detection success rates and stress tests were conducted to measure the system stability under high operational load conditions. To enhance system stability during network outages, an offline backup mechanism using the *Serial Peripheral Interface Flash File System* (SPIFFS) was implemented—temporary storage utilizing the file system within the microcontroller's flash memory—ensuring detection that data remain stored and can be transmitted once connectivity is restored. The results of the study show that the system can detect movement, sound an alarm, and sending *real-time* notifications to users. Additionally, the system provides data logging, which can be monitored and further analyzed. It is hoped that this system will serve as an effective solution for monitoring room security and can be controlled from anywhere through internet integration.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sistem keamanan yang dapat melakukan pemantauan real-time meningkat sebagai akibat dari aktivitas masyarakat yang semakin berkembang. Ketika pengguna tidak mengawasi secara langsung, banyak kasus di kehidupan sehari-hari, seperti pencurian dan akses tidak sah ke ruangan, sering terjadi [1].

Akselerasi dalam sektor teknologi komunikasi telah memicu lahirnya infrastruktur pemantauan berbasis jejaring yang memberikan kemudahan dalam manajemen kontrol dan aksesibilitas data secara real-time [2]. Salah satu pilar teknologi yang paling dominan adalah *Internet of Things* (IoT). Esensi dari *Internet of Things* terletak pada kemampuannya untuk mensinkronisasi beragam perangkat digital dalam satu jejaring, sehingga proses pengiriman dan penerimaan data dapat berjalan secara kontinu melalui koneksi internet [3].

Menanggapi isu tersebut, penelitian ini menghadirkan sebuah sistem deteksi gerak berbasis *Internet of Things* yang memanfaatkan sensor *Passive Infrared* dan mikrokontroler ESP32 dengan dilengkapi fitur peringatan notifikasi Telegram serta mekanisme pencatatan data deteksi pada platform monitoring Thingspeak yang berbasis cloud [4]. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan mekanisme penyimpanan data cadangan atau *offline backup* menggunakan sistem file SPIFFS untuk menjaga keberlangsungan pencatatan data ketika terjadi gangguan konektivitas jaringan.

Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja sistem deteksi gerak berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan menguji sensor pada berbagai jarak, menguji pengiriman notifikasi kepada pengguna, dan menguji kestabilan sistem dengan metode *stress test*. Penelitian ini diharapkan mampu mengilustrasikan sejauh mana efektivitas dan stabilitas sistem deteksi gerak berbasis IoT sebagai alat pemantauan keamanan yang mudah digunakan.

Beberapa penelitian telah mengembangkan dan merancang sistem keamanan berbasis *Internet of Things* dengan memanfaatkan mikrokontroler dan sensor untuk memantau

aktivitas pada suatu area serta dapat dipantau atau dikendalikan dari jarak jauh.

Penelitian yang dilakukan oleh Syaban dkk merancang sistem keamanan berbasis IoT dengan memanfaatkan notifikasi telegram. Penelitian ini merupakan sistem keamanan hemat energi listrik karena menggunakan energi matahari sebagai catu daya [5].

Penelitian yang juga telah dilakukan oleh Cakrayuda dkk merancang sebuah mekanisme keamanan dengan kemampuan mentransmisikan notifikasi peringatan yang terjadi di lokasi pemantauan, serta dapat mengirimkan peringatan otomatis melalui notifikasi Telegram. Penelitian dari rancangan ini menghasilkan sistem keamanan yang dapat meningkatkan keamanan di lingkungan sekitar asrama dan juga rumah [6].

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Febrianti dkk mengembangkan sebuah sistem yang dapat memberikan keamanan rumah berbasis IoT memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan peringatan Telegram bot sebagai media kendali. Penelitian ini menghasilkan sebuah alat yang dapat digunakan untuk keamanan rumah dan dapat dipantau dari jarak jauh [7].

Meskipun beberapa penelitian tersebut telah berhasil mengimplementasikan sistem keamanan yang terintegrasi *Internet of Things*, fokus utamanya cenderung masih tertuju pada implementasi perangkat dan pengujian fungsionalitas dasar sistem. Analisis terhadap data hasil deteksi serta evaluasi stabilitas sistem dalam kondisi operasional yang lebih kompleks masih jarang dilakukan. Selain itu, mekanisme *offline backup* ketika terjadi gangguan koneksi jaringan juga belum banyak dibahas pada penelitian sebelumnya. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian pada aspek evaluasi performa dan stabilitas sistem deteksi gerak berbasis *Internet of Things*.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini merancang dan mengembangkan sistem deteksi gerak menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor PIR yang terintegrasi dengan sistem notifikasi melalui Telegram serta pencatatan data pemantauan pada platform ThingSpeak. Penelitian ini juga menambahkan pengujian *stress test* untuk mengevaluasi stabilitas sistem serta menerapkan mekanisme penyimpanan data

cadangan menggunakan sistem berkas pada memori flash mikrokontroler. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem serta menyediakan data yang dapat digunakan untuk analisis performa sistem secara lebih komprehensif.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Internet of Things

Demi meningkatkan kualitas hidup manusia, *Internet of Things* adalah salah satu dari sekian banyak teknologi yang paling menjanjikan saat ini [8]. *Internet of Things* (IoT) merupakan konsep yang memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung secara sistematis melalui jaringan internet untuk melakukan transmisi pertukaran informasi data secara otomatis, serta pengukuran data secara *real-time* [9].

Perangkat fisik seperti mikrokontroler, kamera, sensor gerak, dan lainnya dapat berkomunikasi dan terhubung melalui jaringan internet melalui *Internet of Things* (IoT). Penggabungan ini memungkinkan sistem keamanan untuk mendeteksi dan merespons situasi lingkungan secara otomatis dan *real-time* [10]. Fokus utama *Internet of Things* adalah menghubungkan semua perangkat elektronik, baik yang bersifat menetap maupun berpindah, untuk tetap terhubung ke internet di mana pun tempatnya berada [11]. Dengan memanfaatkan *Internet of Things*, sistem pemantauan dapat mengirimkan informasi secara *real-time* kepada pengguna sehingga meningkatkan efisiensi dan kecepatan dalam pengambilan keputusan.

2.2. ESP32

Sebagai inovasi dari Espressif Systems, ESP32 hadir dengan dukungan konektivitas nirkabel terpadu yang mencakup teknologi *Wi-Fi* serta *Bluetooth* untuk kebutuhan transmisi data Dengan prosesor *dual-core*, serta memiliki berbagai jenis karakteristik sensor, ESP32 menjadi pilihan yang populer dan terjangkau yang dapat beroperasi secara efisien tanpa perlu pengawasan manusia secara terus-menerus [12].

ESP32 banyak dimanfaatkan dalam pengembangan sistem *Internet of Things* karena sifatnya yang kost-efektif, efisiensi konsumsi energi yang tinggi, dapat melakukan banyak tugas sekaligus, serta dapat melakukan tugas-tugas kompleks secara efisien [13].

2.3. Sensor PIR

Masalah privasi dapat muncul karena sistem pemantauan aktivitas manusia sehari-hari saat ini sering kali bergantung pada kamera. Passive Infrared Sensor (PIR) adalah alternatif hemat biaya yang mendeteksi aktivitas manusia tanpa mengganggu privasi seseorang [14].

Passive Infrared Sensor (PIR) adalah salah satu dari sekian banyak sensor yang paling sering digunakan dalam perancangan sistem deteksi gerak. Sensor ini berfungsi dengan mendeteksi perubahan pancaran radiasi inframerah yang dikeluarkan oleh objek di sekitarnya [15]. Ketika objek dengan suhu yang lebih tinggi, seperti manusia, berada dalam rentang deteksi sensor, sensor PIR akan mengidentifikasi perubahan radiasi inframerah [16]. Sensor ini sering digunakan karena memiliki harga yang terjangkau, konsumsi daya yang rendah, dan kompleksitas pemrosesan yang rendah dibandingkan dengan sensor lainnya [17].

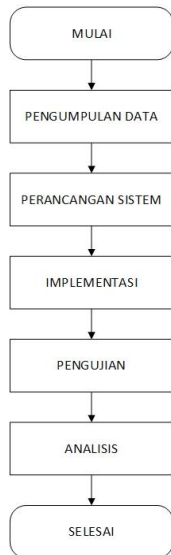
2.4. Telegram

Telegram merupakan aplikasi pesan instan yang menyediakan layanan pengiriman pesan secara cepat melalui jaringan internet. Telegram juga menyediakan fitur bot yang memungkinkan integrasi dengan berbagai sistem otomatis. Dalam sistem pemantauan berbasis *Internet of Things*, bot Telegram dapat dimanfaatkan untuk mengirimkan notifikasi secara otomatis kepada pengguna ketika terjadi peristiwa tertentu yang terdeteksi oleh sensor [18]. API Telegram Bot memungkinkan pengembang membuat aplikasi yang terintegrasi dengan sistem *cloud* yang secara otomatis mengirimkan notifikasi kepada pengguna [19]. Telegram juga memiliki keamanan yang baik karena mengimplementasikan enkripsi *end-to-end* yang menjamin keamanan pertukaran informasi antarperangkat secara komprehensif [20].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam mengembangkan sistem ini, diterapkan model eksperimen yang menggabungkan proses perancangan, implementasi, serta pengujian sistem. Metode ini digunakan untuk merancang perangkat keras dan perangkat lunak serta mengevaluasi kinerja sistem melalui pengujian deteksi gerakan dan pemantauan data.

Adapun diagram yang menggambarkan proses pengerjaan penelitian dari sistem deteksi gerak yang ada pada gambar berikut.



Gambar 1. Alur Proses Penelitian

2.5. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap awal dari proses penelitian ini. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mempelajari penelitian yang berkaitan dengan sistem keamanan deteksi gerak guna mendapatkan pemahaman untuk melakukan penelitian ini.

Berikut merupakan daftar perangkat keras yang dibutuhkan untuk pembuatan sistem deteksi gerak.

Tabel 1. Perangkat Keras

Komponen	Fungsi
Adaptor 5V	Sumber daya untuk seluruh komponen
Mikrokontroler ESP32-Devkit	Pusat pengolah sistem
Sensor PIR HC-SR501	Mendeteksi adanya gerakan berdasarkan perubahan radiasi inframerah.
Resistor	Membatasi arus listrik yang mengalir ke LED
Buzzer	Sensor untuk memberi peringatan
LED	Indikator jika terdeteksi gerakan
Kabel Jumper	Penghubung seluruh komponen

Adapun perangkat lunak yang juga diperlukan untuk pembuatan sistem deteksi gerak.

Tabel 2. Perangkat Lunak

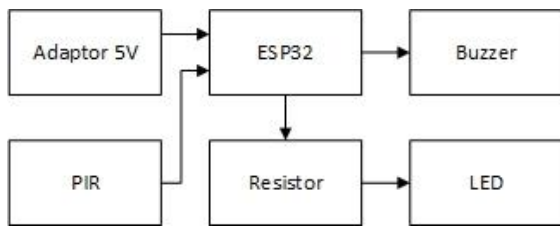
Komponen	Fungsi
Arduino IDE	Membuat dan mengunggah program ke ESP32
Telegram	Mengirimkan notifikasi deteksi gerakan ke pengguna
Thingspeak	Menyimpan dan menampilkan data monitoring dalam bentuk grafik

2.6. Perancangan Sistem

Konsep arsitektur *hardware* dan *software* dirumuskan pada tahap ini untuk memastikan seluruh elemen sistem deteksi gerak dapat terhubung dalam jaringan IoT secara optimal. Respons terhadap pergerakan di dalam area observasi menjadi inti dari rancangan sistem ini, di mana setiap aktivitas yang terdeteksi akan dikonversi menjadi informasi peringatan bagi pengguna.

Proses rancang bangun dalam studi ini mengintegrasikan aspek perangkat keras dengan sistem perangkat lunak sebagai fondasi utama dalam merealisasikan perangkat deteksi berbasis jaringan. Secara umum, rancangan sistem terdiri dari beberapa komponen utama yaitu adaptor 5V untuk memenuhi kebutuhan daya listrik, sensor PIR sebagai pendeteksi gerakan, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data dari sensor PIR, resistor untuk membatasi daya yang mengalir ke LED, serta indikator lokal berupa buzzer.

Hubungan antar komponen dalam sistem ditunjukkan pada diagram blok sistem berikut ini.



Gambar 2. Blok Diagram

Dengan adanya integrasi hubungan antara sensor PIR mikrokontroler, dan indikator tersebut, sistem mampu melakukan deteksi gerak, serta dapat memberikan peringatan secara langsung.

Setelah perancangan perangkat keras selesai, tahap selanjutnya adalah perancangan perangkat lunak yang berfungsi untuk mengendalikan sistem, mengirim notifikasi dengan memanfaatkan bot Telegram, serta mengolah data hasil deteksi menjadi bentuk grafik pada platform Thingspeak.

Berikut merupakan perangkat lunak yang digunakan pada perancangan sistem deteksi gerak ini.

1) Arduino IDE

Arduino IDE digunakan sebagai lingkungan pengembangan terintegrasi (*Integrated Development Environment*) yang memfasilitasi penulisan skrip program serta manajemen unggahan kode ke dalam modul mikrokontroler ESP32. Pada perancangan alat ini, Arduino IDE berfungsi untuk membuat program yang mengatur cara kerja sistem, seperti membaca data dari sensor PIR, mengaktifkan buzzer saat gerakan terdeteksi, menghubungkan perangkat ke jaringan *Wi-Fi*, serta mengirimkan informasi berupa hasil deteksi ke layanan cloud dan notifikasi ke pengguna.

2) Thingspeak

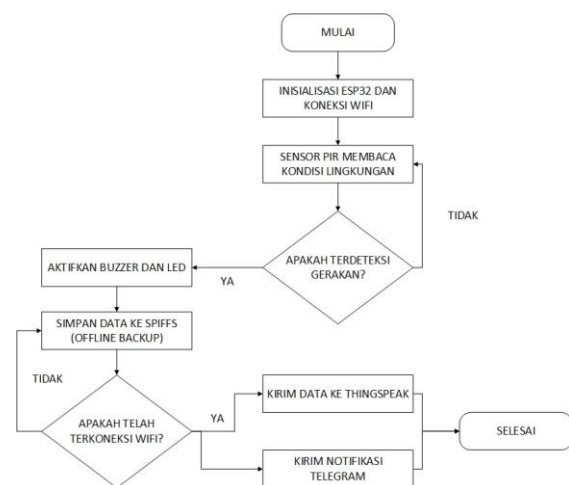
Platform cloud ThingSpeak diintegrasikan dalam sistem ini guna memfasilitasi penyimpanan data, pemrosesan informasi, serta visualisasi parameter yang ditransmisikan oleh ESP32 via jaringan internet. Pada sistem ini, data yang dikirim meliputi informasi jumlah pemicu sensor PIR serta waktu terjadinya deteksi gerakan. Data tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga pengguna dapat memantau aktivitas gerakan yang terjadi dari waktu ke waktu.

3) Telegram

Telegram digunakan sebagai media notifikasi kepada pengguna secara real-time

melalui bot yang terhubung dengan sistem. Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan, ESP32 akan mengirimkan pesan otomatis melalui bot Telegram ke akun pengguna. Pesan tersebut berisi informasi bahwa telah terjadi deteksi gerakan beserta waktu kejadiannya. Dengan menggunakan Telegram, pengguna dapat mengetahui adanya aktivitas yang terdeteksi oleh sistem keamanan secara langsung melalui *smartphone*.

Adapun *flowchart* yang menggambarkan alur kerja sistem deteksi gerak yang dapat dilihat dari gambar berikut ini.



Gambar 3. Flowchart

Dari gambar di atas flowchart sistem ini dimulai dengan proses inisialisasi mikrokontroler ESP32 dan koneksi jaringan *Wi-Fi*. Setelah sistem aktif, sensor PIR akan membaca kondisi lingkungan secara terus-menerus. Apabila sensor mendeteksi adanya suatu pergerakan, maka mikrokontroler akan menghidupkan Buzzer dan LED.

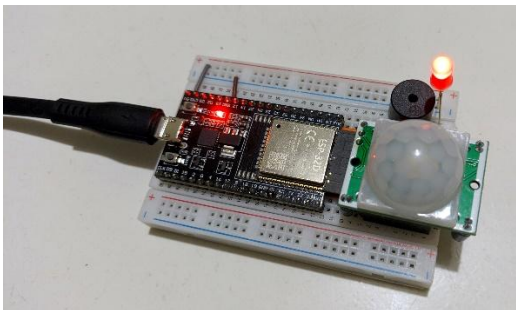
Selanjutnya data deteksi tersebut kemudian disimpan sementara menggunakan sistem file SPIFFS pada memori flash ESP32 yang mana apabila koneksi terputus maka data deteksi akan tersimpan dengan aman. Setelah koneksi pulih kembali, data deteksi akan dikirim melalui notifikasi Telegram, serta mengirim data pemantauan ke ThingSpeak. Jika tidak terdapat gerakan, sistem akan kembali melakukan proses pembacaan sensor.

2.7. Implementasi

Pada tahap ini merupakan tahapan realisasi sistem deteksi gerak dari rancangan yang telah dirancang menggunakan hasil dari

pengumpulan data. Pada tahap ini dilakukan perakitan perangkat keras dengan menghubungkan seluruh komponen sesuai dengan rancangan rangkaian yang telah ditentukan. Jika implementasi ini telah selesai dilakukan maka alat ini telah siap memasuki proses pengujian.

Pada tahap ini, sistem deteksi gerak diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali dan sensor PIR sebagai pendeteksi pergerakan. Sensor PIR dipasang pada area pemantauan untuk mendeteksi perubahan radiasi inframerah yang disebabkan oleh pergerakan suatu objek.



Gambar 4. Implementasi Perangkat Keras Sistem Deteksi Gerak

2.8. Pengujian

Tahapan evaluasi ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas operasional perangkat sistem deteksi gerak yang telah dikembangkan untuk memastikan seluruh fitur keamanan dapat beroperasi secara optimal dan stabil. Pada tahap ini, terdapat dua tahap pengujian yaitu pengujian *stress test* dan pengujian *offline backup*.

1) *Stress Test*

Pengujian *stress test* dilakukan dengan melakukan pemicuan sensor sebanyak 100 kali untuk mengetahui kestabilan sistem dalam memproses deteksi dan mengirimkan notifikasi.

2) *Offline Backup*

Pengujian *offline backup* yaitu pengujian yang dilakukan dengan cara memicu sensor beberapa kali dengan kondisi tanpa terhubung jaringan *Wi-Fi*.

2.9. Analisis

Analisis terhadap performa sistem dilakukan untuk memverifikasi fungsionalitas alat secara menyeluruh. Perbandingan fitur antara sistem yang diusulkan dengan literatur relevan disajikan untuk memvalidasi keunggulan aspek

pemantauan jarak jauh dan efisiensi pengiriman data. Jika analisis telah selesai dilakukan, maka sistem deteksi gerak telah siap digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Stress Test

Berikut merupakan tabel hasil pengujian *stress test*.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Stress Test*

Jarak	Percobaan	Berhasil	Akurasi
50cm	10	10	100%
1m	30	30	100%
2m	30	27	90%
3m	30	29	97%

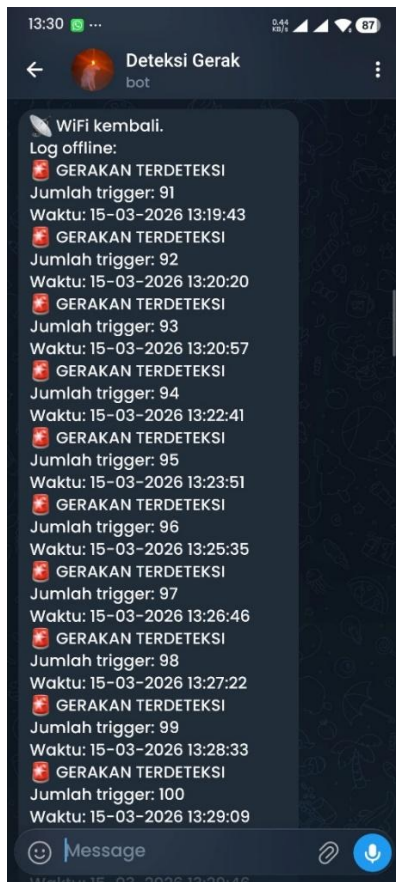
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sensor PIR mampu mendeteksi pergerakan objek dengan cukup baik pada jarak tertentu. Ketika pergerakan terdeteksi, sistem akan langsung memicu indikator LED dan buzzer serta menjalankan proses pengiriman notifikasi kepada pengguna.

Berdasarkan pengujian ini, sistem mampu menangani beberapa kejadian deteksi secara berurutan tanpa mengalami gangguan pada proses pengiriman notifikasi maupun pencatatan data pada platform monitoring. Data ini merepresentasikan tingkat stabilitas perangkat yang mumpuni, di mana fungsionalitas deteksi tetap terjaga secara optimal selama pengoperasian secara kontinu.

3.2. Pengujian Offline Backup

Pengujian *offline backup* dilakukan dengan memicu sensor berturut-turut sebanyak 10 kali dalam kondisi tanpa terkoneksi oleh jaringan *Wi-Fi*. Selama pengujian dilakukan, seluruh data log hasil deteksi akan disimpan sementara pada penyimpanan yang terdapat pada mikrokontroler ESP32.

Berikut ini gambar hasil dari pengujian *offline backup*.



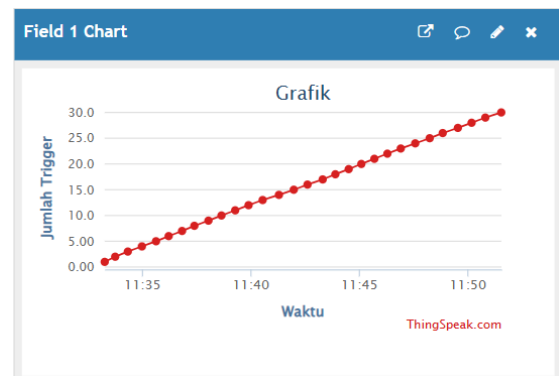
Gambar 5. Notifikasi dari Offline Backup

Berdasarkan hasil pengujian, sensor PIR dapat mendeteksi dengan cukup baik dan berhasil tersimpan dalam kondisi tidak ada jaringan *Wi-Fi*. Setelah terhubung kembali dengan *Wi-Fi*, aplikasi telegram menerima notifikasi yang menampilkan seluruh data deteksi selama mode *offline* dan telah diterima dengan sangat lengkap.

Hal tersebut membuktikan resiliensi operasional sistem yang tetap terjaga, bahkan saat menghadapi fluktuasi atau instabilitas konektivitas jaringan

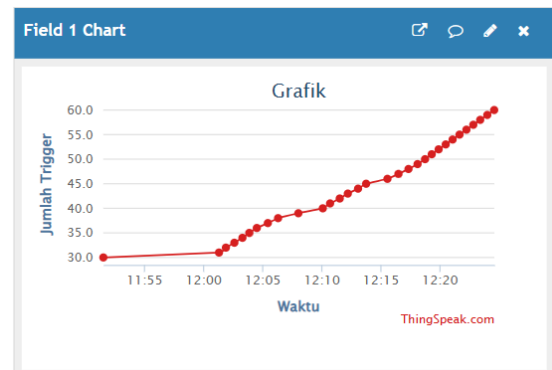
3.3. Monitoring Data

Data hasil deteksi gerakan dikirim dan disimpan pada platform monitoring sehingga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik tersebut menunjukkan aktivitas deteksi gerakan yang terjadi selama proses pengujian sistem. Monitoring dilakukan dengan menggunakan Thingspeak yang dapat divisualkan pada gambar dibawah ini.



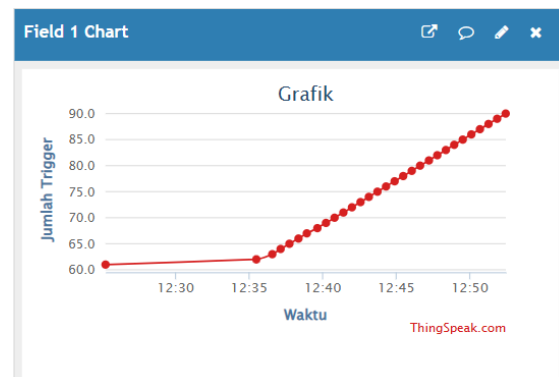
Gambar 6. Grafik Deteksi Dengan Jarak 1 meter

Dari gambar di atas terlihat bahwa pengujian deteksi dari jarak 1 meter telah berhasil dengan akurasi 100%. Hal ini menjelaskan bahwa sensor dapat bekerja dengan sangat baik dan stabil tanpa adanya gangguan.



Gambar 7. Grafik Deteksi dengan Jarak 2 meter

Dari gambar di atas terlihat bahwa pengujian deteksi dari jarak 2 meter mengalami sedikit gangguan pada percobaan ke 39, 40, dan 45. Hal tersebut menunjukkan bahwa sensor deteksi masih memiliki kekurangan, yaitu mendeteksi objek yang memiliki kecepatan pergerakan yang sulit terdeteksi oleh sensor.



Gambar 8. Grafik Deteksi dengan Jarak 3 meter

Dari gambar di atas menunjukkan bahwa pengujian dari jarak 3 meter dapat berjalan dengan stabil. Data ini menunjukkan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dari jarak yang cukup jauh.

3.4. Analisis

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki beberapa kesamaan dan perbedaan dalam hal implementasi dan evaluasi kinerja, berdasarkan perbandingan dengan penelitian sebelumnya. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Hayadi Hamuda dkk menunjukkan bahwa sensor PIR, yang merupakan bagian dari sistem keamanan berbasis ESP32-CAM, dapat mendeteksi pergerakan secara konsisten pada beberapa lokasi berbeda dalam jangka waktu tertentu. Penelitian ini menunjukkan bahwa, dalam penggunaan nyata, sensor PIR memiliki kemampuan deteksi yang baik. Namun, penelitian tersebut lebih berkonsentrasi pada hasil monitoring aktivitas daripada melakukan pengujian terstruktur terhadap berbagai parameter, seperti jarak deteksi dan jumlah percobaan. Sebaliknya, penelitian ini menggunakan pengujian yang lebih terkontrol dengan variasi jarak dan jumlah pemicuan sensor untuk mendapatkan data lebih akurat tentang performa [21].

Penelitian yang dilakukan oleh Stevenius Rumere dkk mengembangkan sistem yang memanfaatkan gambar dan video sebagai bukti visual selain mengirimkan notifikasi. Meskipun demikian, kelemahan sistem adalah penumpukan data. Setiap deteksi menghasilkan file media, dan sensor yang luas dapat mendeteksi di luar area yang diinginkan. Berbeda dengan penelitian tersebut, sistem yang dikembangkan pada penelitian ini lebih menekankan efisiensi data dengan hanya mengirimkan notifikasi dan menyimpan data deteksi dalam bentuk log dan grafik. Ini membuat penggunaan memori lebih ringan dan memberi perhatian lebih besar pada fungsi monitoring aktivitas [22].

Penelitian Nindiya Putri dkk juga menunjukkan bahwa sistem berbasis ESP8266 dengan sensor PIR dapat mendeteksi gerakan di

jarak tertentu. Namun, pengiriman peringatan bergantung pada koneksi internet. Ketika jaringan tidak dapat diakses, hal ini menjadi keterbatasan. Dengan menggunakan sistem file pada memori internal, mekanisme backup offline ditambahkan pada penelitian ini. Ini memungkinkan data deteksi tetap disimpan meskipun tidak ada koneksi jaringan. Berdasarkan data pengujian, efektivitas deteksi mencapai tingkat optimal pada rentang jarak 1-3 meter, sementara penurunan akurasi mulai teramati saat objek berada di luar jangkauan tersebut. Hal ini menyajikan bagaimana jarak dan kecepatan objek memengaruhi kinerja sensor PIR, memberikan analisis yang lebih mendalam dibandingkan penelitian sebelumnya, yang biasanya hanya menunjukkan kinerja sistem secara keseluruhan [23].

4. KESIMPULAN

Melalui serangkaian desain, realisasi, serta evaluasi terhadap sistem pemantauan berbasis IoT yang telah dilakukan, dapat dinyatakan bahwa sistem yang dikembangkan menggunakan sensor PIR dan mikrokontroler ESP32 mampu mendeteksi pergerakan pada area pemantauan dengan baik. Sistem berhasil mengirimkan notifikasi secara otomatis kepada pengguna melalui aplikasi Telegram setiap kali sensor mendeteksi adanya pergerakan.

Hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 100 kali percobaan pada beberapa variasi jarak menunjukkan bahwa sensor PIR mampu mendeteksi pergerakan secara konsisten pada area pengujian. Selain itu, data deteksi gerakan juga berhasil dikirimkan dan ditampilkan dalam bentuk grafik pada platform ThingSpeak sehingga memungkinkan pengguna untuk melakukan pemantauan aktivitas sistem secara berkala.

Sistem juga dilengkapi dengan mekanisme *offline backup* yang memungkinkan sistem tetap menyimpan data deteksi ketika koneksi jaringan tidak tersedia. Berdasarkan hasil pengujian stress test, sistem mampu menangani beberapa proses deteksi secara berulang tanpa mengalami gangguan pada fungsi utama sistem. Oleh karena itu, arsitektur yang dirancang ini dapat diimplementasikan sebagai instrumen

pengawasan keamanan berbasis IoT yang menyatukan fungsi notifikasi real-time serta perekaman log aktivitas secara otomatis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi setinggi-tingginya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian studi ini. Ucapan terima kasih khusus ditujukan kepada dosen pembimbing atas arahan teknisnya, keluarga atas dukungan moral yang tiada henti, serta rekan-rekan sejawat yang telah membantu selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Setiawan and A. Irma Purnamasari, "Pengembangan Passive Infrared Sensor (PIR) HC-SR501 dengan Microcontrollers ESP32-CAM Berbasis Internet of Things (IoT) dan Smart Home sebagai Deteksi Gerak untuk Keamanan Perumahan," *Prosiding Seminar Nasional SISFOTEK (Sistem Informasi dan Teknologi Informasi)*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [2] B. D. Frengky, P. Gunoto, and E. Susanti, "PERANCANGAN SISTEM MONITORING KEAMANAN MENGGUNAKAN ESP 32 CAM DENGAN NOTIFIKASI KE SMARTPHONE," *SIGMA TEKNIKA*, vol. 7, no. 1, 2024, doi: 10.33373/sigmateknika.v7i1.6198.
- [3] Nurul Fadillah, M. Basri, and U. Suwardoyo, "RANCANG BANGUN SMART HOME BERBASIS INTERNET OF THINGS," *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, vol. 12, no. 3, 2025, doi: 10.30656/prosisko.v12i3.10816.
- [4] J. Waworundeng, L. D. Irawan, and C. A. Pangalila, "Implementasi Sensor PIR sebagai Pendeteksi Gerakan untuk Sistem Keamanan Rumah menggunakan Platform IoT," *CogITO Smart Journal*, vol. 3, no. 2, 2017, doi: 10.31154/cogito.v3i2.65.152-163.
- [5] H. M. Syaban, T. Mufizar, and R. Ruuhwan, "RANCANG BANGUN ALAT KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN SENSOR PIR DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM BERBASIS IOT DAN CATU DAYA PLTS," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4126.
- [6] L. Cakrayuda, "SICEMOT: SISTEM KEAMANAN CERDAS BERBASIS ESP32-CAM, SENSOR GERAK, DAN NOTIFIKASI TELEGRAM," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6420.
- [7] A. Febrianti, B. Nur Azizah, and E. Sulis Septiani, "Pemanfaatan Telegram Bot pada Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT dengan Mikrokontroler ESP32," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis*, 2025, doi: 10.47701/jxxvbg60.
- [8] A. H. Sadial, A. U. Islam, and S. M. S. Askari, "A Review on Internet of Things Security: Requirements, Challenges and Solutions," *J. Sci. Res. Rep.*, vol. 32, no. 1, 2026, doi: 10.9734/jsrr/2026/v32i13870.
- [9] A. Mulia, F. Biabdillah, A. Wajiansyah, and A. Jeafky Gozal Go, "AQUAMONITOR: SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN NODEMCU V3 ESP8266," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 14, no. 1, 2026, doi: 10.23960/jitet.v14i1.8373.
- [10] J. D. Susatyono, Febryantahanuji, and A. A. Kuncoro, "Pengembangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT dengan Deteksi Intrusi Real-Time Menggunakan Sensor PIR dan Kamera, serta Notifikasi Otomatis melalui Aplikasi Mobile," *Jurnal Publikasi Ilmu Komputer dan Multimedia*, vol. v, no. 2, 2025.
- [11] A. Haidar, E. Elisma, M. Yamin, and W. P. Pertiwi, "Sistem keamanan pintu rumah berbasis aplikasi Telegram dan Internet of Things (IoT)," *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, vol. 4, no. 2, 2024, doi: 10.35313/jitel.v4.i2.2024.137-144.
- [12] "IoT-Based Smart Agriculture Monitoring System Using ESP32 Microcontroller," *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology & Science*, 2026, doi: 10.56726/irjmet85213.
- [13] D. Hercog, T. Lerher, M. Truntič, and O. Težak, "Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices," *Sensors*, vol. 23, no. 15, 2023, doi: 10.3390/s23156739.
- [14] T. M. N. U. Akhund and K. Teramoto, "Privacy-concerned averaged human activeness monitoring and normal pattern recognizing with single passive infrared sensor using one-dimensional modeling," *Sensors International*, vol. 6, 2025, doi: 10.1016/j.sintl.2024.100303.
- [15] S. Ahadiah, Muharnis, and Agustawan, "IMPLEMENTASI SENSOR PIR PADA PERALATAN ELEKTRONIK BERBASIS MICROCONTROLLER," *JURNAL INOVTEK POLBENG*, vol. 07, no. 1, 2017.
- [16] J. Putra Wicaksana, A. A. Rafiqi, and M. A. Pratama, "Sistem Keamanan Rumah Berbasis Sensor Pir Dengan Notifikasi Telegram

- Messenger,” *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis (SENATIB)*, 2025.
- [17] A. Shokrollahi, J. A. Persson, R. Malekian, A. Sarkheyli-Hägele, and F. Karlsson, “Passive Infrared Sensor-Based Occupancy Monitoring in Smart Buildings: A Review of Methodologies and Machine Learning Approaches,” *Sensors*, vol. 24, no. 5, 2024, doi: 10.3390/s24051533.
- [18] E. D. Putra, “Implementasi Notifikasi Berbasis Deteksi Gerak Menggunakan Algoritma Background Subtraction,” *JCOSIS (Journal Computer Science and Information Systems)*, vol. 2, no. 1, pp. 27–32, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.imsi.or.id/index.php/jcosis/article/view/227>
- [19] Noor Arief Kurniawan, Diyah Ruswanti, and Astri Charolina, “Implementasi Telegram Bot sebagai Media Monitoring Gangguan Pelanggan Telkom dengan Pembaruan Berkala Berbasis Mobile,” *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 4, no. 5, 2025, doi: 10.55123/insologi.v4i5.6234.
- [20] M. A. Firdaus and N. Budhisantosa, “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Real-Time Ruang Server dengan Integrasi Telegram Bot Dan Esp32,” *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 9, no. 1, 2025.
- [21] H. Hamuda and A. Setiawan, “Sistem Keamanan Rumah Pintar Berbasis Sensor ESP32-Cam dan PIR Dengan Notifikasi Teknologi Bot Whatsapp,” *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, vol. 8, no. 2, 2025, doi: 10.36080/skanika.v8i2.3387.
- [22] E. V. Manullang and S. Rumere, “RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PIR DAN ESP32-CAM,” *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 1, pp. 9–15, Jul. 2024, doi: 10.58839/jti.v12i1.1359.
- [23] S. O. N. Putri, D. F. Sari, E. Iskandar, and I. Y. Buryadi, “Sistem Keamanan Rumah Berbasis Iot Dengan Nodemcu Esp8266 Menggunakan Sensor Pir Sebagai Pendeteksi Gerakan,” *Jurnal Informatika Komputer, Bisnis dan Manajemen*, vol. 20, no. 2, 2022, doi: 10.61805/fahma.v20i2.29.