JUPITER
Teknologi Informatika & Komputer
Vol. 7 No. 2 Agustus 2026
Universitas Muhammadiyah Bekasi Karawang
P-ISSN: 2798-3129 , E-ISSN: 2798-6187

SISTEM KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN PASSIVE INFRARED DAN ULTRASONIC DENGAN METODE FUZZY LOGIC

Lukmanul Hakim[1], Yunus Fadhillah Soleman[2]

[1]Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Bekasi Karawang,
Lukmanul.hakim@ibm.ac.id, yunus@ibm.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi berbasis Internet of Things (IoT) kini menjadi solusi efektif dalam mengotomatisasi perangkat rumah tangga. Skripsi ini bertujuan merancang sistem smart home yang mampu mengendalikan perangkat seperti lampu, kipas angin, televisi, dan AC secara real time melalui aplikasi mobile berbasis internet. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor PIR (Passive Infrared), Ultrasonic, Metode Fuzzy Logic, modul relay, dan platform Firebase sebagai penghubung data. Skripsi ini menerapkan metode prototyping melalui tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian bertahap. Hasil yang diharapkan dari penerapan sistem ini adalah peningkatan kenyamanan dan keamanan, efisiensi penggunaan energi listrik dengan penghematan minimal 10%, serta menambah nilai jual hunian melalui integrasi teknologi rumah cerdas.

Kata kunci: Firebase, Fuzzy Logic, NodeMCU ESP8266, Sensor PIR (Passive Infrared), Smart home, Ultrasonic

ABSTRACT

An abstranct is a brief summary of a research article, thesis, review, conference proceeding *or The utilization of Internet of Things (IoT)-based technology has become an effective solution for automating household devices. This research aims to design a smart home system capable of controlling devices such as lights, fans, televisions, and air conditioners in real-time via an internet-based mobile application. The system is designed using the NodeMCU ESP8266 microcontroller, sensor PIR (Passive Infrared), Ultrasonic, metode Fuzzy Logic, relay module, and Firebase platform as a data connector. This study applies the prototyping method through stages of design, implementation, and incremental testing. The expected outcomes from the implementation of this system include enhanced comfort and security, energy efficiency with a minimum 10% reduction in electricity consumption, and an increase in the market value of the property through the integration of smart home technology.*

Keywords*: Firebase, Fuzzy Logic, NodeMCU ESP8266, Sensor PIR (Passive Infrared), Smart home, Ultrasonic.*

Naskah diterima : 25 Juli 2026, Naskah dipublikasikan : 01-08-2026

PENDAHULUAN

Tingkat adopsi sistem smart home di perumahan Bekasi masih tergolong rendah. Data menunjukkan bahwa hanya tiga perumahan di wilayah tersebut yang telah menerapkan teknologi smart home pada 2023–2024, sementara 60–70% sisanya belum memanfaatkannya (rumahbekasi.id). Salah satu contohnya adalah Citra Swarna Group yang masih mengoperasikan perangkat rumah tangga secara manual, sehingga kurang efisien dalam pengelolaan. Smart home berbasis Internet of Things (IoT) hadir sebagai solusi untuk meningkatkan kenyamanan, keamanan, dan efisiensi energi (Nababan & Wijaya, 2021; Studi et al., 2025). Di Kartika Residence, misalnya, terdapat 120 kejadian kriminal dalam periode 2023–2024, dengan 25%

warga merasa khawatir terhadap kondisi keamanannya. Dari sisi kenyamanan, 80% warga menyatakan belum puas, dan efisiensi listrik menunjukkan rata-rata konsumsi sebesar 289,2 kWh per bulan dari beban 900 kWh, setara dengan Rp424.436.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kendali perangkat rumah tangga berbasis IoT yang mencakup pengendalian kelistrikan, keamanan, pintu, dan jendela. Sistem ini menggunakan sensor PIR dan Ultrasonic untuk mendeteksi keberadaan manusia secara real-time, serta mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat secara otomatis. Dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266/ESP32 dan platform seperti MIT App Inventor, Firebase, MQTT Dashboard, atau Home Assistant, sistem ini diharapkan mampu menghemat konsumsi energi hingga 10% dibandingkan sistem manual (Kurniawan & Widyatama, 2025; Azka et al., 2021).

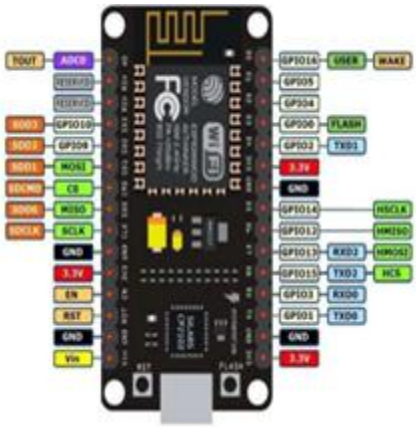
TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau IoT adalah konsep di mana perangkat fisik dapat saling terhubung melalui jaringan internet dan bertukar data untuk melakukan otomatisasi dan kontrol dari jarak jauh. Teknologi ini memungkinkan pengawasan dan pengendalian berbagai sistem secara real-time melalui perangkat seperti smartphone (Sutikno & Bahri, 2022). Dalam konteks smart home, Internet of Things berperan penting dalam mengintegrasikan berbagai perangkat rumah tangga agar dapat beroperasi secara otomatis.

Mikrokontroler

NodeMCU ESP8266 adalah mikrokontroler populer untuk pengembangan sistem IoT (Internet of Things) karena memiliki modul Wi-Fi terintegrasi, mendukung berbagai sensor dan aktuator, serta mampu mengirim data ke aplikasi mobile secara real-time. Keunggulannya mencakup kemudahan pemrograman, dukungan terhadap Arduino IDE dan MicroPython, serta harga yang terjangkau (Puspabhuana & Arliyanto, 2021). Gambar 1. menunjukkan pinout board NodeMCU ESP8266 yang banyak digunakan karena integrasi Wi-Fi dan kemudahan pemrogramannya.



Sumber: (Puspabhuana & Arliyanto, 2021).

Gambar 1. Spesifikasi NodeMCU ESP8266.

a) **Sensor PIR (Passive Infrared)**

Sensor PIR (Passive Infrared) mendeteksi pergerakan manusia atau hewan berdasarkan perubahan radiasi infra merah di lingkungan. Saat ada pergerakan dalam jangkauan, sensor akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk mengaktifkan perangkat seperti lampu atau alarm (Deris, 2020).

1. Keunggulan :
   a. Efisiensi Energi: Lampu atau alat elektronik hanya menyala saat ada gerakan, lalu mati otomatis saat ruangan kosong.
   b. Otomatisasi Penerangan: Ideal untuk ruangan seperti kamar mandi, koridor, dan ruang tamu.
   c. Keamanan: Bisa digunakan sebagai detektor gerakan untuk sistem alarm atau CCTV. Tidak memerlukan sinyal aktif: Karena pasif, sensor ini tidak memancarkan radiasi, hanya menerima.(Akbar, Purnama & Salsabila, 2023)
2. Contoh Penggunaan :
   a. Lampu teras menyala saat ada orang mendekat.
   b. Alarm aktif saat mendeteksi gerakan tak wajar di malam hari. Gambar 2. menunjukkan sensor Passive Infrared Receiver (PIR) HC-SR501 yang umum digunakan untuk mendeteksi aktivitas manusia maupun hewan.



Sumber: (Deris, 2020).

Gambar 2. Passive Infrared Receiver (PIR) HC-SR501.

b) **Sensor Ultrasonic HC-SR04**

Sensor ini mengukur jarak objek menggunakan gelombang ultrasonic, sangat sensitif dan akurat untuk mendeteksi kehadiran objek atau keberadaan suatu benda dengan memperkirakan jarak antara sensor dan benda. Gambar 3. Sensor Ultrasonic HC SR04 ini berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik begitu pula sebaliknya. Gelombang ultrasonic memiliki frekuensi sebesar 20.000 Hz (Arsada, 2021). Bunyi tersebut tidak dapat didengar oleh telinga manusia. Hanya dapat didengar oleh hewan tertentu seperti anjing, kelelawar dan kucing. Gelombang ultrasonic dapat merambat melalui zat cair, padat dan gas.

1. Keunggulan :
a. Deteksi Presisi Tinggi: Mendeteksi keberadaan dan jarak objek dengan akurat, bahkan saat objek tidak bergerak.
b. Tidak terpengaruh cahaya: Tetap bekerja dalam gelap total atau sinar terang.
c. Aman digunakan: Tidak mengganggu manusia atau hewan karena menggunakan frekuensi tinggi di luar pendengaran manusia.
d. Cocok untuk ruang tertutup: Misalnya mendeteksi seseorang duduk di toilet atau ruangan tertutup tanpa jendela.

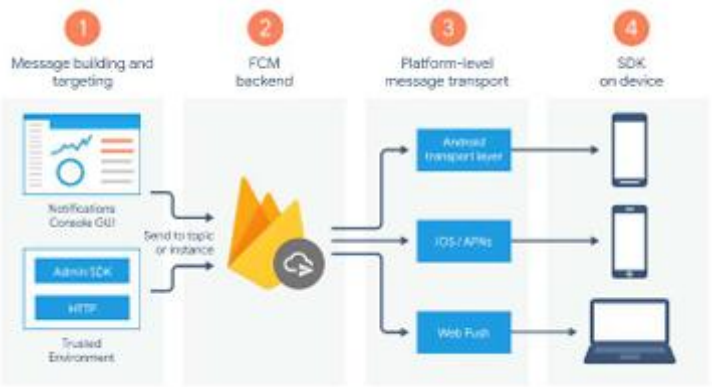
2. Contoh Penggunaan :
a. Menyalakan exhaust fan saat ada orang di kamar mandi.
b. Sistem parkir otomatis (misalnya membuka pintu pagar saat kendaraan mendekat).



Sumber: (Arsada, 2021).
Gambar 3. Sensor Ultrasonic HC-SR04.

c) **Firebase**

Firebase merupakan platform berbasis cloud yang dimanfaatkan untuk menyimpan serta mentransmisikan data secara real-time antara aplikasi dengan mikrokontroler. Dalam konteks Skripsi ini, Firebase berperan sebagai perantara antara antarmuka pengguna (user interface) dengan sistem pengendalian perangkat (Basri et al., 2021). Gambar 4. menggambarkan tahapan pengiriman pesan melalui Firebase Cloud Messaging (FCM), yaitu layanan yang menyediakan fasilitas pengiriman notifikasi maupun data ke aplikasi yang berjalan pada perangkat pengguna.



Sumber: (Basri et al., 2021).
Gambar 4. Tampilan Firebase.

d) **Aplikasi Pengendali (Mobile App Interface)**

Antarmuka pengguna dalam sistem smart home biasanya berupa aplikasi mobile yang dapat dikembangkan menggunakan platform seperti Gambar 5. MIT App Inventor. Aplikasi ini bertugas mengirimkan perintah ke mikrokontroler dan menerima umpan balik dari sensor serta memberikan notifikasi kepada pengguna secara langsung (Puspabhuana & Arliyanto, 2021).



Sumber: (Puspabhuana & Arliyanto, 2021).

Gambar 5. Tampilan MIT App Inventor.

e) **Fuzzy Logic Algorithm**

Fuzzy Logic adalah bagian dari soft computing yang diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada 1965, berdasarkan teori himpunan fuzzy dengan derajat keanggotaan untuk merepresentasikan ketidakpastian (Naufal & Mutoffar, 2024). Dalam penelitian ini, logika fuzzy digunakan untuk mengolah data dari sensor PIR (Passive Infrared) dan Ultrasonic guna mendeteksi potensi ancaman berdasarkan gerakan dan jarak. Pendekatan ini memungkinkan sistem keamanan rumah mengambil keputusan secara fleksibel dan hanya mengaktifkan alarm saat kondisi benar-benar mengindikasikan bahaya.

METODE PENELITIAN

Metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk merancang dan menguji sistem keamanan rumah berbasis sensor PIR (Passive Infrared), sensor Ultrasonic HC-SR04, dan metode Fuzzy Logic.(Laksana et al., 2024).

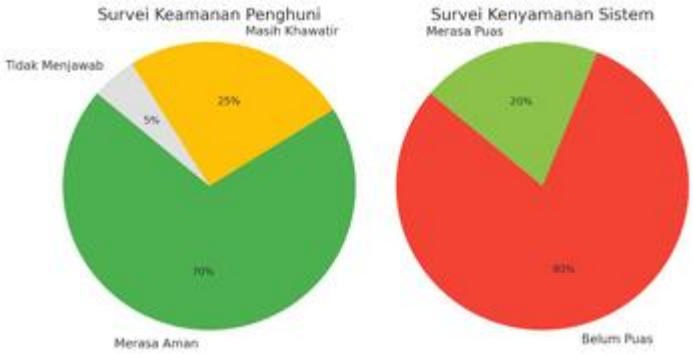
Penelitian dilaksanakan di Cluster Kartika Residence, Karawang, pada 2 April – 25 Juli 2025, selama 16 minggu. Tahapan dimulai dari pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, hingga pengujian dan evaluasi sistem.

Perangkat yang digunakan meliputi NodeMCU ESP8266, sensor PIR, sensor Ultrasonic, relay 4 channel, dan Nano I/O Shield, sementara perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE, MIT App Inventor, Firebase.(Prastyo et al., 2024)

Pengujian dilakukan untuk menilai :
a) Fungsionalitas: apakah perangkat merespons sesuai perintah,
b) Efisiensi energi: target penghematan 10–15%,
c) Keamanan dan kenyamanan: peningkatan rasa aman dan puas pengguna,
d) Validitas dan reliabilitas: melalui pengujian berulang dan uji pakar.

Sistem dirancang agar dapat mendeteksi keberadaan manusia secara otomatis dan mengaktifkan perangkat rumah tangga berdasarkan jarak serta gerakan yang terdeteksi, dengan pengambilan keputusan berbasis logika fuzzy.

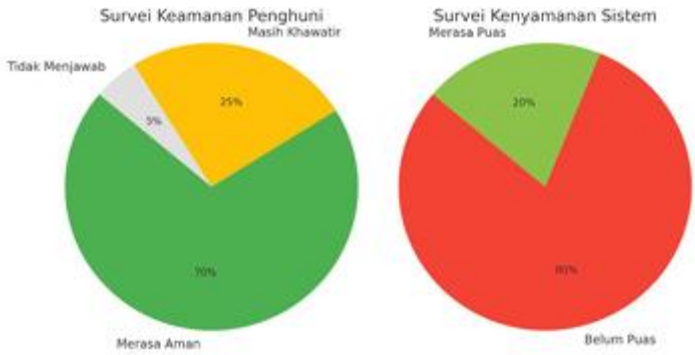
1. Keamanan: Survei untuk mengukur persepsi keamanan penghuni, merasa aman 70%, merasa khawatir 25%, tidak menjawab 5%. Adapaun targetnya 90% penghuni merasa aman setelah implementasi. Gambar 6. Diagram ini menyajikan hasil survei terhadap penghuni perumahan Kartika Residence di Cluster Blok D, terkait tingkat kenyamanan atau rasa aman yang mereka rasakan, yang akan di implementasikan di Cluster Blok E.



Sumber: (Penulis, 2025).

Gambar 6. Diagram pie Survey Kenyamanan Penghuni

2. Kenyamanan: Gambar 7. Diagram Survey Kenyamanan Penghuni menunjukkan hasil survei mengenai tingkat kepuasan penghuni terhadap fasilitas atau lingkungan tempat tinggal. Dari total 80 responden, sebanyak 64 orang (80%) menyatakan belum puas, sementara hanya 16 orang (20%) yang menyatakan merasa puas. Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar penghuni masih belum merasa puas dengan kondisi yang ada, yang dapat menjadi masukan penting bagi pihak pengelola untuk melakukan perbaikan atau peningkatan kualitas pelayanan dan fasilitas.



Sumber: (Penulis, 2025).

Gambar 8. Diagram Pie Survey Keamanan Penghuni.

Tabel 1. Konsumsi Listrik Perbulan yang merinci pemakaian listrik dari berbagai peralatan rumah tangga selama satu bulan, dari data ini dapat kita jadikan sebagai acuan untuk penelitian dari Skripsi di buat.

Tabel 1. Konsumsi Listrik Perbulan

No.	Nama Peralatan	Daya (*Watt*)	Jumlah	Durasi Pemakaian pejam/hari	Perbulan
1	Lampu ruang tamu	40	1	5	6.0
2	Lampu kamar tidur	35	2	6	12.6
3	Lampu kamar mandi	20	1	2	1.2
4	Lampu teras depan	20	1	4	2.4
5	Lampu taman	40	1	3	3.6
6	Lampu teras belakang	35	1	4	4.2
7	*AC* (1 PK)	750	1	8	180.0
8	Kipas angin	40	1	6	7.2
9	Stop kontak	100	6	4	72.0
Total Konsumsi					**289,2 *kWh***

Sumber: (Penulis, 2025).

Pada Tabel 2. Berikut terdapat perhitungan konsumsi selama sebulan yang data tersebut dari dapatkan data rumah contoh yang belum menggunakan smart home.

Tabel 2. Tabel Perhitungan Biaya Listrik Perbulan

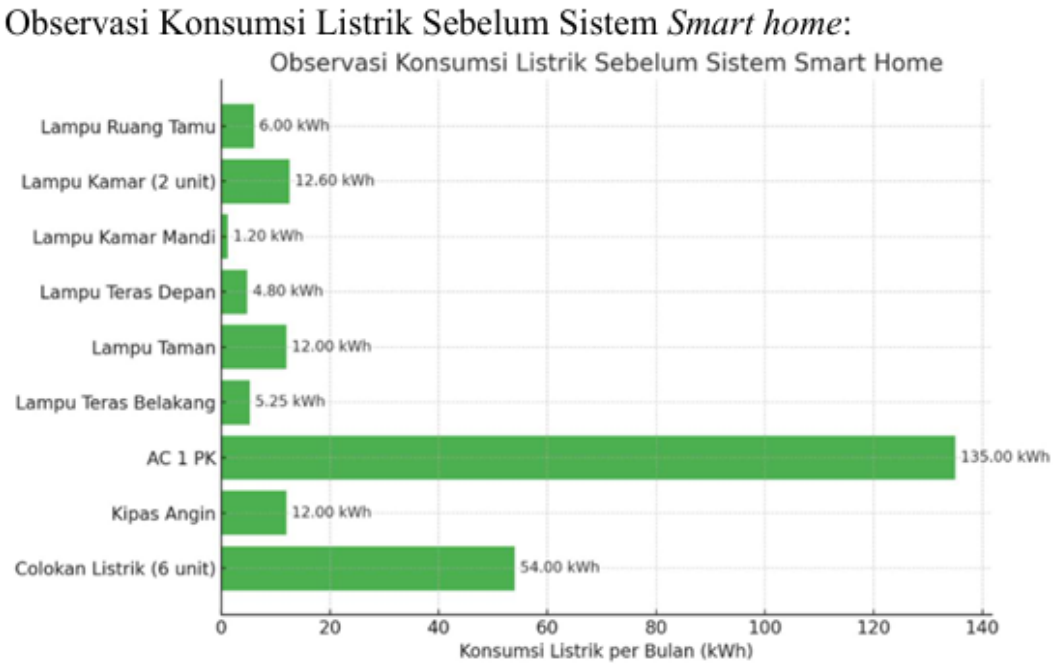
No.	Komponen	Nilai
1	Total Konsumsi Energi	289.2 *kWh*
2	Tarif Listrik Per *kWh*	Rp. 1.467
3	**Total Biaya Listrik /bulan**	**Tp. 424.436**

Sumber: (Perusahaan Listrik Negara, 2025).

1. Rumus Konsumsi Listrik per Bulan (kWh) :
   Daya (Watt) × Jumlah Peralatan × Durasi per Hari (jam) × 30 ÷ 1000
   Keterangan:
   Dibagi 1000 untuk mengubah dari watt ke kilowatt (kWh).
   Dikalikan 30 karena diasumsikan pemakaian selama 30 hari.
   Contoh (Lampu ruang tamu): 40 Watt × 1 × 5jam × 30 ÷ 1000 = 6,0 kWh

2. Rumus Biaya Listrik per Bulan :
   Total Konsumsi Listrik (kWh)×Tarif per kWh
   Contoh: 289,2 kWh × Rp.1.467 = Rp.424.436
   Dapat dilihat pada Gambar III.5. Grafik konsumsi listrik sebelum penerapan sistem Smart Home menunjukkan bahwa perangkat dengan konsumsi listrik tertinggi adalah AC 1 PK sebesar 135 kWh per bulan, diikuti oleh colokan listrik (6 unit) sebesar 54 kWh. Sementara itu, perangkat lainnya seperti kipas angin dan beberapa lampu (lampu kamar tidur, taman, teras belakang, dan ruang tamu) memiliki konsumsi yang jauh lebih rendah, berkisar antara 1,2 hingga 12,6 kWh per bulan. Data ini menegaskan bahwa alat elektronik dengan daya

besar dan waktu penggunaan yang lama merupakan penyumbang utama dalam konsumsi energi rumah tangga sebelum adanya otomatisasi sistem Smart Home.



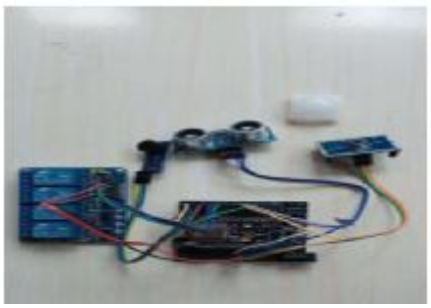
Sumber: (Penulis, 2025).

Gambar 9. Grafik Pemakaian Listrik Perbulan sebelum pemasangan sistem smart home.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rancang Bangun Sistem Keamanan Smart Home

Merancang sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan sensor Passive Infrared (PIR) dan sensor Ultrasonic HC-SR04. Sensor PIR mendeteksi pergerakan manusia berdasarkan radiasi inframerah, sedangkan sensor Ultrasonic mengukur jarak objek untuk mengidentifikasi keberadaan secara lebih akurat (Fahmi & Myori, 2023)



Sumber: (Penulis, 2025).

Gambar 10. Skema Instalasi Alat.

Penjelasan dari Gambar IV. 1. Skema Instalasi Alat, 1. NodeMCU ESP8266 (Base Board), 2Sensor PIR (Passive Infrared), 3. Sensor Ultrasonic HC-SR04, 4Sensor Push Button, 5. Buzzer, 6. 4-Channel Relay Module, 7. Kabel jumper male-female. Berikut Intalasi Kabel yang terinstal secara rinci :

1. Sensor PIR VCC → 3V3 (NodeMCU)
   GND → GND (NodeMCU) VCC → 3V3
   OUT → D1 (GPIO5) GND → GND
2. Sensor Ultrasonic HC-SR04 OUT/SIG → D5 (GPIO14)
   VCC → 5V (NodeMCU) 5. Relay 4 Channel
   GND → GND VCC → VIN (jika input 5V dari
   Trig → D2 (GPIO4) adaptor eksternal) atau langsung
   Echo → D3 (GPIO0) ke 3V3 jika mendukung
3. Push Button GND → GND
   VCC → 3V3 IN1 → D6 (GPIO12)
   GND → GND IN2 → D7 (GPIO13)
   OUT/Switch → D4 (GPIO2) IN3 → D8 (GPIO15)
4. Buzzer Aktif IN4 → D0 (GPIO16)

B. Tampilan Antarmuka (Opsional)

Jika sistem dilengkapi kontrol jarak jauh, maka antarmuka sederhana dirancang menggunakan MIT App Inventor atau platform mobile berbasis Firebase. Tampilan meliputi :

1. Status sensor (aktif/tidak)
2. Log deteksi gerakan
3. Tombol on/off sistem keamanan
4. Notifikasi jika mendeteksi gerakan mencurigakan

Gambar 11. Merupakan antarmuka di atas menampilkan aplikasi mobile Smart Home yang dirancang dengan MIT App Inventor, berfungsi untuk memantau dan mengontrol sistem keamanan dari jarak jauh. Tampilan mencakup status sensor, log deteksi gerakan, tombol ON/OFF sistem, serta notifikasi otomatis saat terdeteksi gerakan mencurigakan. Antarmuka dibuat sederhana agar mudah digunakan oleh semua pengguna.
Tanya ChatGPT



Sumber: (Penulis, 2025).

Gambar 11. Skema Instalasi Alat.

A. Analisis Penerapan Fuzzy Logis

Dampaknya pada Akurasi Logika fuzzy memberikan fleksibilitas dalam pengambilan keputusan berdasarkan kombinasi nilai input (jarak + deteksi gerak). Hal ini menurunkan false positive (alarm palsu) saat gerakan kecil atau benda non-manusia terdeteksi. Simulasi Kondisi Input dan Output
Contoh rule fuzzy:
a. Jika gerakan = tinggi dan jarak = dekat, maka aktifkan alarm level tinggi.
b. Jika gerakan = rendah dan jarak = jauh, maka tidak perlu aktivasi.

Tabel 3. Menunjukkan logika sistem alarm berdasarkan dua input: gerakan dan jarak. Jika gerakan tinggi dan jarak dekat, alarm langsung aktif. Jika gerakan rendah dan jarak jauh, alarm tidak aktif. Sedangkan pada kondisi sedang, alarm delay aktif sebagai bentuk kewaspadaan.

Tabel 3. Logika Respon Alarm Terhadap Deteksi Gerakan dan Jarak

Input: Gerakan	Input: Jarak	Output: Alarm
Tinggi	Dekat	Aktif
Rendah	Jauh	Tidak aktif
Sedang	Sedang	Delay aktif

Gambar 12. Fungsi fuzzy logic () pada gambar tersebut menerapkan logika fuzzy sederhana untuk menentukan status sistem keamanan berdasarkan dua parameter utama, yaitu pirState (deteksi gerakan) dan distance (jarak objek). Jika tidak ada gerakan (pirState == 0), objek terlalu jauh (distance > 100), atau sistem pertahanan aktif, maka status sistem dianggap "AMAN". Jika ada gerakan (pirState == 1) dan objek berada pada jarak sedang (50–100 cm), maka status berubah menjadi "WASPADA". Namun, jika gerakan terdeteksi dan objek sangat dekat (distance < 50), sistem akan mengubah status menjadi "PERIKSA PINTU", menandakan adanya potensi ancaman yang memerlukan perhatian segera.



Sumber: (Penulis, 2025).
Gambar 12. Implementasi Fuzzy Logic pada Sistem Keamanan

B. Pemograman Sistem

Gambar 13. Menampilkan cuplikan kode Arduino IDE untuk NodeMCU ESP8266 pada sistem Smart Home berbasis IoT. Kode ini mengimpor library seperti ESP8266WiFi, WiFiManager, dan FirebaseESP8266 untuk koneksi internet dan komunikasi dengan Firebase. Beberapa pin dikonfigurasi untuk sensor PIR, Ultrasonic, buzzer, dan relay. Selain itu, terdapat pengaturan API

key dan database URL untuk sinkronisasi data, serta objek Firebase untuk autentikasi dan pengiriman status secara real-time.



Sumber: (Penulis, 2025). Gambar 13. Inisialisasi dan Konfigurasi Sistem Keamanan Smart Home Berbasis IoT dengan NodeMCU dan Firebase

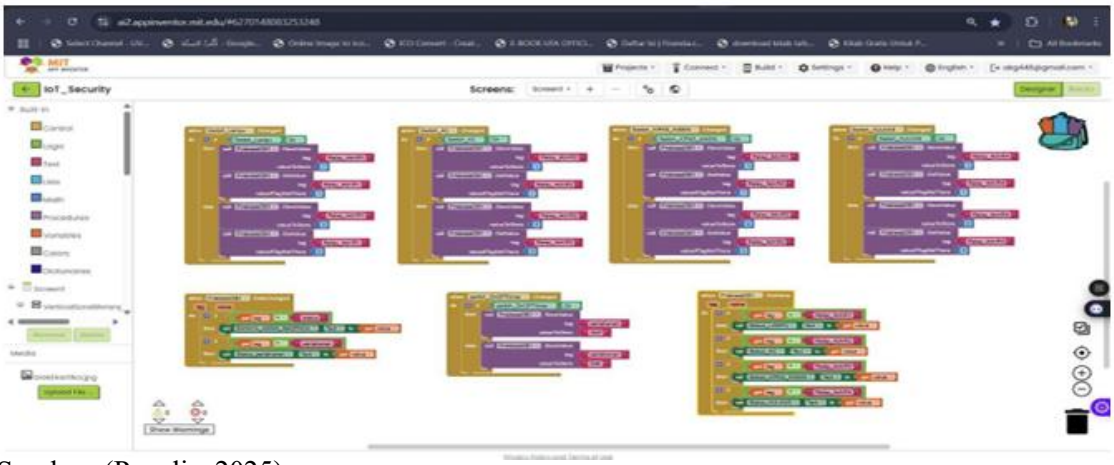
Gambar 14. Menampilkan bagian kode yang mengatur logika keputusan sistem keamanan Smart Home berbasis IoT menggunakan sensor ultrasonik. Dalam kode ini, jika mode manual override aktif, maka sistem akan menonaktifkan kontrol otomatis berbasis logika fuzzy. Namun jika tidak aktif, sistem akan membaca jarak objek dan menentukan status keamanan secara otomatis: jika jarak lebih dari 100 cm maka status "AMAN", jika antara 50–100 cm maka status "WASPADA" dengan aktivasi relay tertentu, dan jika kurang dari 50 cm maka status berubah menjadi "PERIKSA PINTU" sebagai tanda ancaman dengan menyalakan buzzer dan relay tambahan. Setiap perubahan status dikirim ke Firebase untuk dicatat dan dimonitor secara real-time. Struktur ini menunjukkan kemampuan sistem dalam merespons situasi lingkungan secara dinamis dan efisien.



Sumber: (Penulis, 2025).

Gambar 14. Inisialisasi dan Konfigurasi Sistem Keamanan Smart Home Berbasis IoT dengan NodeMCU dan Firebase

Gambar 15. Merupakan tampilan blok pemrograman visual dari MIT App Inventor untuk aplikasi kontrol sistem IoT_Security. Setiap blok mewakili logika fungsional, seperti membaca data dari Firebase, menampilkan status sensor, mengatur tombol ON/OFF sistem keamanan, dan menampilkan notifikasi. Aplikasi ini dirancang untuk memungkinkan pengguna memantau dan mengendalikan perangkat keamanan rumah berbasis IoT secara langsung dari smartphone dengan antarmuka sederhana dan responsif.



Sumber: (Penulis, 2025).

Gambar 15. Blok Pemrograman Aplikasi Mobile IoT Security Menggunakan MIT App Inventor

C. Hasil Pengujian Sistem

1. Respons sensor
   Sensor PIR memberikan output HIGH dalam waktu 1–2 detik setelah mendeteksi pergerakan manusia dalam jarak 0–3 meter. Sensor Ultrasonic menunjukkan tingkat akurasi tinggi pada jarak 2–400 cm, dengan toleransi kesalahan ±1 cm.
   Respons sistem rata-rata:
   a) Deteksi berhasil: 95%
   b) Deteksi gagal: 5% (karena lingkungan terang/halangan)

2. Efisiensi Sistem Setelah implementasi sistem otomatisasi, penggunaan energi listrik menurun sekitar 10–12% dalam simulasi 1 bulan pemakaian. Ini karena sistem hanya mengaktifkan perangkat saat benar-benar dibutuhkan.

Tabel 4. Membandingkan kinerja antara sistem keamanan manual dan sistem otomatis berbasis IoT dan logika fuzzy pada berbagai aspek. Dalam hal deteksi, sistem manual mengandalkan pengawasan manusia, sedangkan sistem otomatis menggunakan sensor PIR dan ultrasonic untuk mendeteksi gerakan dan jarak secara cerdas. Dari segi akurasi, sistem manual bersifat tidak konsisten tergantung manusia, sementara sistem otomatis memiliki akurasi stabil di kisaran 90–95%. Waktu respon pada sistem manual lebih lambat karena bergantung pada intervensi manusia, sedangkan sistem otomatis merespon secara real-time dalam waktu ≤1 detik. Untuk konsumsi energi, sistem manual cenderung boros karena perangkat menyala terus-menerus, sementara sistem otomatis lebih efisien, hanya aktif saat dibutuhkan. Terakhir, dalam hal biaya operasional, sistem otomatis lebih hemat energi

sehingga mengurangi pengeluaran dibanding sistem manual yang memiliki biaya listrik lebih besar karena penggunaan tanpa kendali otomatis.

Tabel 4. Perbandingan Manual vs Otomatis

Kriteria	Sistem Manual	Sistem Otomatis (IoT + Fuzzy)
Deteksi	Mengandalkan manusia	Sensor PIR + Ultrasonic
Akurasi	Variatif	Stabil 90–95%
Waktu Respon	Lambat/manual	Real-time (≤1 detik)
Konsumsi Energi	Tinggi (kontinyu ON)	Rendah (ON saat perlu)
Biaya Operasional	Lebih besar	Lebih hemat listrik

Pada Tabel 5. Menunjukkan bahwa total konsumsi listrik sistem keamanan Smart Home selama 24 jam nonstop hanya sebesar 1,23 kWh per bulan. NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali menyumbang konsumsi terbesar, yakni 0,576 kWh, diikuti oleh relay module, sensor PIR, buzzer, dan sensor Ultrasonic dengan konsumsi yang sangat rendah. Data ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang sangat hemat energi dan tidak membebani tagihan listrik rumah, bahkan saat dioperasikan terus-menerus setiap hari.

Tabel 5. Konsumsi Listrik Perangkat Smart Home (24 Jam Nonstop)

No.	Nama Perangkat	Daya (Watt)	Jumlah	Durasi (jam/hari)	Konsumsi per Hari (Wh)	Konsumsi per Bulan (kWh)
1	NodeMCU ESP8266	0,8	1	24	19,2	0,576
2	Sensor PIR	0,1	2	24	4,8	0,144
3	Sensor Ultrasonic HC-SR04	0,015	1	24	0,36	0,0108
4	Relay Module 4 Channel	0,5	1	24	12	0,36
5	Buzzer Aktif (standby)	0,2	1	24	4,8	0,144
Total Konsumsi					**41,16 Wh/hari**	**1,23 kWh/bulan**

Sumber: (Penulis, 2025).

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa total konsumsi energi sistem Smart Home selama satu bulan adalah 1,23 kWh, dengan tarif listrik sebesar Rp 1.467 per kWh, sehingga total biaya listrik per bulan hanya sekitar Rp 1.805. Angka ini menunjukkan bahwa sistem sangat ekonomis dan efisien, cocok diterapkan tanpa memberikan beban signifikan pada tagihan listrik rumah tangga.

Tabel 6. Biaya Listrik Sistem Smart Home per Bulan

Komponen	Nilai
Total Konsumsi Energi	1,23 kWh
Tarif Listrik per kWh	Rp 1.467
Total Biaya/Bulan	**Rp 1.805**

Pada Tabel 7 mencatat pemakaian listrik harian setelah instalasi sistem IoT Smart Home selama periode 18 Mei hingga 16 Juni 2025, dengan total konsumsi selama 30 hari sebesar 128,67 kWh. Rata-rata pemakaian harian berada di kisaran 8,49–8,67 kWh, yang menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga stabilitas konsumsi energi meskipun dijalankan secara otomatis penuh.

Data ini mengindikasikan bahwa implementasi teknologi Smart Home berbasis IoT tetap efisien dan hemat energi dalam penggunaan sehari-hari.

Tabel 7. Pemakaian listrik per hari setelah instalasi IoT selama periode 18 Mei – 16 Juni 2025:

NO.	Tanggal	Pemakaian Listrik (kWh)	NO.	Tanggal	Pemakaian Listrik (kWh)
1	18 Mei 2025	8.56	16	02 Juni 2025	8.52
2	19 Mei 2025	8.67	17	03 Juni 2025	8.54
3	20 Mei 2025	8.62	18	04 Juni 2025	8.58
4	21 Mei 2025	8.6	19	05 Juni 2025	8.57
5	22 Mei 2025	8.51	20	06 Juni 2025	8.54
6	23 Mei 2025	8.51	21	07 Juni 2025	8.6
7	24 Mei 2025	8.49	22	08 Juni 2025	8.51
8	25 Mei 2025	8.65	23	09 Juni 2025	8.54
9	26 Mei 2025	8.6	24	10 Juni 2025	8.55
10	27 Mei 2025	8.62	25	11 Juni 2025	8.57
11	28 Mei 2025	8.49	26	12 Juni 2025	8.63
12	29 Mei 2025	8.67	27	13 Juni 2025	8.52
13	30 Mei 2025	8.64	28	14 Juni 2025	8.58
14	31 Mei 2025	8.52	29	15 Juni 2025	8.6
15	01 Juni 2025	8.52	30	16 Juni 2025	8.49
			Total		128.67

Tabel 8. Menunjukkan adanya penurunan konsumsi energi listrik setelah sistem Smart Home diinstalasi, dari 289,2 kWh menjadi 257,01 kWh, menghasilkan penghematan sebesar 32,19 kWh dalam satu periode penggunaan. Penghematan ini juga berdampak langsung pada biaya listrik bulanan, yaitu dari Rp 424.436 menjadi Rp 377.527, sehingga terdapat efisiensi biaya sebesar Rp 46.909. Secara keseluruhan, sistem mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi hingga 11,13%, membuktikan bahwa penerapan teknologi Smart Home berbasis IoT tidak hanya menambah kenyamanan dan keamanan, tetapi juga lebih hemat energi dan ekonomis.

Tabel 7. Perbandingan Konsumsi Energi Sebelum dan Sesudah Instalasi

Keterangan	Sebelum Instalasi	Setelah Instalasi	Penghematan
Konsumsi Energi (kWh)	289,2	257,01	32,19 kWh
Biaya (Rp)*	424.436	377.527	46.909
Efisiensi (%)	-	**11,13%**	

Gambar 16. Menunjukkan grafik pemakaian listrik harian sebelum pemasangan alat Smart Home. Grafik ini menggambarkan fluktuasi konsumsi listrik (dalam satuan kWh) dari tanggal 18 Mei hingga 16 Juni, dengan sumbu horizontal mewakili tanggal, dan sumbu vertikal mewakili jumlah konsumsi listrik.



Sumber: (Penulis, 2025).

Gambar 16. Grafik Pemakaian Listrik Harian Sebelum Instalasi *IoT*

Gambar 17. Menampilkan grafik pemakaian listrik harian setelah instalasi IoT (Internet of Things) pada sistem Smart Home. Grafik ini menunjukkan dampak penggunaan perangkat IoT terhadap efisiensi konsumsi listrik dari 18 Mei hingga 16 Juni.



D. Diskusi dan Evaluasi

1. Kelebihan Sistem
    a. Akurasi deteksi tinggi dengan kombinasi dua sensor
    b. Efisiensi energi meningkat
    c. Respons real-time
    d. Penerapan fuzzy logic menyesuaikan kondisi lingkungan
    e. Dapat dikembangkan ke sistem rumah pintar skala besar
2. Kekurangan Sistem
    a. Tidak menyertakan kamera atau pengenal wajah
    b. Sensor PIR bisa salah deteksi jika terdapat hewan peliharaan
    c. Tergantung pada kestabilan WiFi jika menggunakan cloud control

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa sistem Smart Home berbasis IoT yang dirancang mampu meningkatkan keamanan dan kenyamanan penghuni rumah secara otomatis dan efisien. Sistem menggunakan sensor PIR dan Ultrasonic, serta mikrokontroler NodeMCU ESP8266, yang diproses melalui logika fuzzy untuk menentukan tindakan seperti menyalakan alarm atau lampu.

Selain itu, integrasi dengan Firebase dan aplikasi mobile memungkinkan kontrol dan pemantauan jarak jauh secara real-time. Sistem ini juga terbukti hemat energi, dengan konsumsi hanya sekitar 1,23 kWh per bulan dan efisiensi daya hingga 11,13%, tanpa membebani tagihan listrik secara signifikan. Penerapan teknologi ini menunjukkan bahwa konsep Smart Home tidak hanya memberikan kemudahan dan keamanan, tetapi juga mendukung gaya hidup yang efisien dan modern.

Saran

Agar sistem keamanan dan kenyamanan Smart Home ini dapat dikembangkan lebih optimal, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Integrasi Kamera CCTV Penambahan modul kamera sebagai sistem visual akan meningkatkan tingkat keamanan, terutama untuk dokumentasi dan bukti aktivitas mencurigakan secara real-time.
2. Pemanfaatan Energi Surya Untuk meningkatkan efisiensi daya, sistem dapat diintegrasikan dengan panel surya sebagai sumber energi alternatif agar lebih ramah lingkungan.
3. Peningkatan Keamanan Data Perlindungan terhadap akses Firebase dan aplikasi mobile perlu ditingkatkan melalui enkripsi dan otentikasi dua faktor untuk mencegah akses tidak sah.
4. Pengembangan Fitur Voice Command Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut agar kompatibel dengan asisten virtual seperti Google Assistant atau Alexa guna meningkatkan kenyamanan pengguna.
5. Implementasi Sistem Notifikasi Berbasis AI Penggunaan Artificial Intelligence (AI) dalam analisis data deteksi bisa membantu mengurangi notifikasi palsu dan memberikan respons yang lebih cerdas.

REFERENSI

REFERENSI Akbar, Purnama, D., & Salsabila. (2023). Pengembangan Model SmartHome berbasis IoT Rufman. Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ, 1–8. http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit

Arsada, B. (2021). Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno. Jurnal Teknik Elektro, 6(2), 1–8. https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-teknik-elektro/article/view/19511

Basri, B., Akhmad Qashlim, & Suryadi. (2021). Relay Kontrol Menggunakan Google Firebase dan Node MCU pada Sistem Smart Home. Technomedia Journal, 6(1 Agustus), 15–29. https://doi.org/10.33050/tmj.v6i1.1432

Deris, A. (2020). Implementasi Modul Wifi Nodemcu Esp8266 Untuk Smart Home. Komputasi: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer dan Matematika, 16(2), 283–288. https://doi.org/10.33751/komputasi.v16i2.1622

Fahmi, B., & Myori, D. E. (2023). Rancang Bangun Prototype Smarthome berbasis Mikrokontroler NodeMCU. Jurnal Teknik Elektro Indonesia, 4(1), 214–225. https://doi.org/https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.390

Laksana, T. T., Isnain, A. R., & Sulistiani, H. (2024). Jurnal Pepadun Penerapan Teknologi Aplikasi Rumah Pintar Berbasis Web Menggunakan Microcontroller ESP32 Jurnal Pepadun. Jurnal Pepadun, https://doi.org/https://doi.org/10.23960/pepadun.v5i2.217

Naufal, D. R., & Mutoffar, M. M. (2024). Sistem Evaluasi Pelanggaran Lalu Lintas Ntmc Polri Dengan Algoritma Fuzzy Logic Berbasis Python. Jurnal Media Akademik (JMA), 2(2), 2584–2593. https://jurnal.mediaakademik.com/index.php/jma/article/view/176

Prastyo, A., Roza, I., Kusuma, B. S., & Ananda, Y. (2024). Rancangan Fire Alarm untuk Pengamanan Kebakaran di Bandara Udara Merdey Papua Barat. Blend Sains Jurnal Teknik, 2(4), 329–336. https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i4.511

Puspabhuana, A., & Arliyanto, Y. D. (2021). Rancang bangun purwarupa aplikasi kendali lampu rumah (smart home) berbasis iot dan android yang terkoneksi dengan firebase. Jurnal INKOFAR, 5(2), 1–23. http://www.politeknikmeta.ac.id/meta/ojs/index.php/inkofar/article/view/203

Sutikno, D., & Bahri, D. S. (2022). Prototype Smarthome Dengan Konsep Internet of Things Menggunakan Microcontroller Berbasis Android. Journal of Artificial Intelligence and Innovative Applications, 3(2), https://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JOAIIA/article/view/17335 116–124.