



RANCANG BANGUN PROTIPE SISTEM ALARM BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MENGGUNAKAN SENSOR PIR PADA PERUMAHAN

Abraham Manuhutu

Politeknik Negeri Ambon

*Email Korespondensi: bram.manuhutu@gmail.com

ABSTRAK

Keamanan lingkungan perumahan merupakan kebutuhan mendasar yang semakin mendesak seiring meningkatnya angka tindak kriminal berupa pencurian dan perampokan di kawasan hunian. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototype sistem alarm berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan memanfaatkan sensor PIR (Passive Infrared) HC-SR501 sebagai pendeteksi gerak. Sistem ini dilengkapi buzzer aktif 5V sebagai alarm suara, LED merah sebagai indikator visual, serta LCD 16×2 bermodul I2C untuk menampilkan status sistem secara real-time. Komponen-komponen tersebut diintegrasikan dan diprogram menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. Pengujian dilakukan dalam kondisi simulasi rumah tinggal dengan enam skenario berbeda, meliputi pengujian deteksi gerakan dalam dan luar jangkauan, kondisi pencahayaan rendah, mekanisme pemulihan alarm, serta ketahanan catu daya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi gerakan dalam radius 7 meter dengan sudut 120 derajat dan merespons dalam waktu rata-rata 2 detik. Seluruh skenario pengujian berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%. Prototype yang dihasilkan terbukti efektif sebagai solusi keamanan rumah yang terjangkau, mudah diimplementasikan, dan dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai bagian dari sistem smart home.

Kata Kunci: Alarm, Arduino Uno, Sensor PIR, Perumahan, Sistem Keamanan

ABSTRACT

Residential security is a fundamental need that has become increasingly urgent as criminal acts such as theft and burglary in residential areas continue to rise. This study aims to design and build a prototype alarm system based on the Arduino Uno microcontroller, utilizing a PIR (Passive Infrared) HC-SR501 sensor as a motion detector. The system is equipped with an active 5V buzzer as an audible alarm, a red LED as a visual indicator, and a 16×2 LCD with an I2C module to display real-time system status. All components were integrated and programmed using the Arduino IDE with C/C++ programming language. Testing was carried out under simulated residential conditions with six different scenarios, including motion detection tests within and outside the sensor's range, low-light conditions, alarm recovery mechanisms, and power supply durability. Results show that the system successfully detected motion within a 7-meter radius at 120 degrees and responded within an average of 2 seconds. All test scenarios were completed successfully with a 100% success rate. The resulting prototype

proved effective as an affordable, easily implementable home security solution that can be further developed as part of a smart home system.

Keywords: Alarm, Arduino Uno, PIR Sensor, Residential, Security System

PENDAHULUAN

Keamanan lingkungan perumahan merupakan salah satu kebutuhan fundamental bagi setiap keluarga. Tingginya kasus kejahatan seperti pencurian dan perampokan masih menjadi ancaman bagi masyarakat Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), tindak kriminalitas masih terjadi di berbagai wilayah dengan kasus pencurian sebagai salah satu jenis kejahatan yang cukup dominan (Badan Pusat Statistik, 2023). Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan sistem keamanan yang efektif, terjangkau, dan mudah diimplementasikan oleh masyarakat umum.

Perkembangan teknologi mikrokontroler telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem keamanan berbasis elektronika. Salah satu platform yang banyak digunakan adalah Arduino Uno karena bersifat open-source, mudah diprogram, memiliki komunitas pengguna yang luas, serta didukung berbagai modul tambahan yang memudahkan proses pengembangan perangkat elektronik (Banzi & Shiloh, 2014). Selain itu, Arduino mampu mengolah masukan dan keluaran digital maupun analog sehingga banyak dimanfaatkan dalam sistem kendali dan monitoring otomatis (Monk, 2016).

Salah satu sensor yang umum digunakan dalam sistem keamanan adalah Passive Infrared (PIR). Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perubahan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia atau objek yang menghasilkan panas. Sensor PIR tipe HC-SR501 banyak digunakan karena memiliki konsumsi daya yang rendah, sensitivitas yang baik, serta mampu mendeteksi pergerakan manusia dalam area tertentu tanpa kontak fisik langsung (Floyd, 2017). Karakteristik tersebut menjadikan sensor PIR sebagai pilihan yang tepat untuk sistem alarm keamanan rumah dan perumahan (Tokheim, 2018).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem keamanan berbasis mikrokontroler. Penelitian yang dilakukan oleh Siregar dan Saputra (2023) mengembangkan sistem keamanan ruangan menggunakan sensor PIR dan modul GSM berbasis Arduino Uno yang mampu mengirimkan notifikasi ketika terdeteksi adanya pergerakan. Penelitian lain oleh Wahyudi dan Edidas (2022) memanfaatkan ESP32-CAM dalam sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT), sehingga sistem tidak hanya mendeteksi keberadaan penyusup tetapi juga mampu menghasilkan dokumentasi visual. Selain itu, Kango et al. (2022) merancang sistem keamanan rumah berbasis IoT yang menunjukkan bahwa integrasi sensor dan mikrokontroler dapat meningkatkan efektivitas pemantauan keamanan secara real-time.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah menghasilkan sistem keamanan yang cukup baik, sebagian besar masih memerlukan biaya implementasi yang relatif lebih tinggi atau konfigurasi perangkat yang lebih kompleks. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan prototype sistem alarm keamanan yang sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan pada lingkungan perumahan. Prototype yang dibangun mengintegrasikan sensor PIR HC-SR501, buzzer aktif, LED indikator, dan LCD 16×2 berbasis modul I2C dalam satu sistem yang dikendalikan oleh Arduino Uno. Sistem ini dirancang untuk memberikan peringatan dini ketika terdeteksi adanya pergerakan pada area yang dipantau.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) Bagaimana merancang dan membangun prototype sistem alarm berbasis Arduino Uno menggunakan sensor PIR untuk aplikasi perumahan? dan (2) Bagaimana tingkat keberhasilan sistem dalam mendeteksi gerakan pada berbagai kondisi pengujian? Adapun tujuan penelitian ini adalah merancang, membangun, dan menguji prototype sistem alarm keamanan berbasis

Arduino Uno yang efektif, terjangkau, dan mudah diimplementasikan pada lingkungan perumahan.

Keamanan lingkungan perumahan merupakan salah satu kebutuhan fundamental bagi setiap keluarga. Tingginya kasus kejahatan seperti pencurian dan perampokan masih menjadi ancaman bagi masyarakat Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), tindak kriminalitas masih terjadi di berbagai wilayah dengan kasus pencurian sebagai salah satu jenis kejahatan yang cukup dominan (Badan Pusat Statistik, 2023). Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan sistem keamanan yang efektif, terjangkau, dan mudah diimplementasikan oleh masyarakat umum.

Perkembangan teknologi mikrokontroler telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem keamanan berbasis elektronika. Salah satu platform yang banyak digunakan adalah Arduino Uno karena bersifat open-source, mudah diprogram, memiliki komunitas pengguna yang luas, serta didukung berbagai modul tambahan yang memudahkan proses pengembangan perangkat elektronik (Banzi & Shiloh, 2014). Selain itu, Arduino mampu mengolah masukan dan keluaran digital maupun analog sehingga banyak dimanfaatkan dalam sistem kendali dan monitoring otomatis (Monk, 2016).

Salah satu sensor yang umum digunakan dalam sistem keamanan adalah Passive Infrared (PIR). Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perubahan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia atau objek yang menghasilkan panas. Sensor PIR tipe HC-SR501 banyak digunakan karena memiliki konsumsi daya yang rendah, sensitivitas yang baik, serta mampu mendeteksi pergerakan manusia dalam area tertentu tanpa kontak fisik langsung (Floyd, 2017). Karakteristik tersebut menjadikan sensor PIR sebagai pilihan yang tepat untuk sistem alarm keamanan rumah dan perumahan (Tokheim, 2018).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem keamanan berbasis mikrokontroler. Penelitian yang dilakukan oleh Siregar dan Saputra (2023) mengembangkan sistem keamanan ruangan menggunakan sensor PIR dan modul GSM berbasis Arduino Uno yang mampu mengirimkan notifikasi ketika terdeteksi adanya pergerakan. Penelitian lain oleh Wahyudi dan Edidas (2022) memanfaatkan ESP32-CAM dalam sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT), sehingga sistem tidak hanya mendeteksi keberadaan penyusup tetapi juga mampu menghasilkan dokumentasi visual. Selain itu, Kango et al. (2022) merancang sistem keamanan rumah berbasis IoT yang menunjukkan bahwa integrasi sensor dan mikrokontroler dapat meningkatkan efektivitas pemantauan keamanan secara real-time.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah menghasilkan sistem keamanan yang cukup baik, sebagian besar masih memerlukan biaya implementasi yang relatif lebih tinggi atau konfigurasi perangkat yang lebih kompleks. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan prototype sistem alarm keamanan yang sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan pada lingkungan perumahan. Prototype yang dibangun mengintegrasikan sensor PIR HC-SR501, buzzer aktif, LED indikator, dan LCD 16×2 berbasis modul I2C dalam satu sistem yang dikendalikan oleh Arduino Uno. Sistem ini dirancang untuk memberikan peringatan dini ketika terdeteksi adanya pergerakan pada area yang dipantau.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) Bagaimana merancang dan membangun prototype sistem alarm berbasis Arduino Uno menggunakan sensor PIR untuk aplikasi perumahan? dan (2) Bagaimana tingkat keberhasilan sistem dalam mendeteksi gerakan pada berbagai kondisi pengujian? Adapun tujuan penelitian ini adalah merancang, membangun, dan menguji prototype sistem alarm keamanan berbasis Arduino Uno yang efektif, terjangkau, dan mudah diimplementasikan pada lingkungan perumahan.

METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dan rekayasa (*engineering research*) dengan pendekatan rancang bangun (*prototype development*). Pendekatan ini dipilih karena menghasilkan suatu artefak berupa sistem fisik yang dapat diuji dan diverifikasi kinerjanya secara langsung

2. Alat dan Bahan

Komponen yang digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan ketersediaan di pasaran lokal, kompatibilitas antar komponen, dan biaya yang terjangkau. Tabel 1 menyajikan daftar lengkap komponen beserta spesifikasi dan fungsinya.

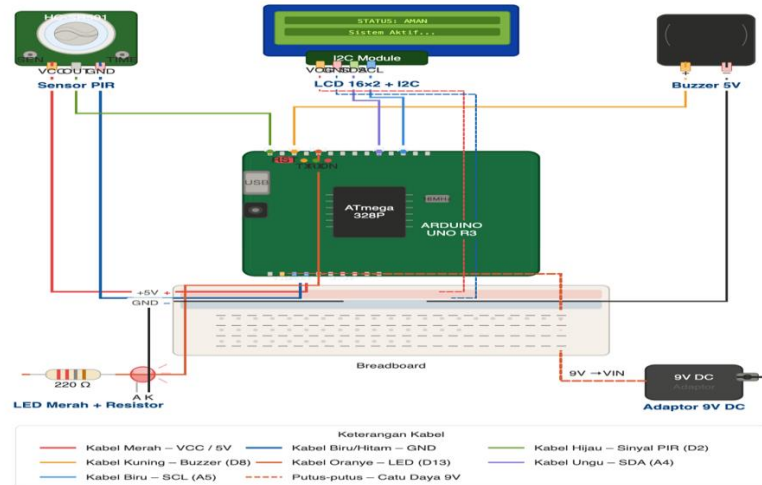
Tabel 1. Komponen Sistem Alarm

| No. | Komponen | Spesifikasi | Fungsi |
|-----|----------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | Arduino Uno R3 | ATmega328P, 14 pin I/O digital | Mikrokontroler utama pengendali sistem |
| 2 | Sensor PIR HC-SR501 | Sudut deteksi 120°, jangkauan 7 m | Mendeteksi gerakan manusia berdasarkan inframerah |
| 3 | Buzzer Aktif 5V | Frekuensi 2,3 kHz, 85 dB | Menghasilkan suara alarm ketika terdeteksi penyusup |
| 4 | LCD 16×2 + Modul I2C | Antarmuka I2C (SDA/SCL) | Menampilkan status sistem secara real-time |
| 5 | LED Merah | 3mm, 2V, 20 mA | Indikator visual status alarm |
| 6 | Resistor | 220 Ohm | Pembatas arus untuk LED |
| 7 | Catu Daya | Adaptor 9V–12V DC / Baterai 9V | Sumber daya seluruh sistem |

3. Desain Sistem

Desain sistem mengikuti arsitektur masukan-proses-keluaran (IPO). Sensor PIR HC-SR501 berfungsi sebagai perangkat masukan yang mendeteksi perubahan radiasi inframerah akibat pergerakan manusia. Sinyal digital dari sensor diteruskan ke pin D2 Arduino Uno sebagai masukan logika tinggi (HIGH) saat gerakan terdeteksi. Mikrokontroler kemudian memproses sinyal tersebut dan mengaktifkan perangkat keluaran berupa buzzer (pin D8), LED merah (pin D13), serta memperbarui tampilan LCD 16×2 melalui komunikasi I2C (pin A4 untuk SDA dan pin A5 untuk SCL).

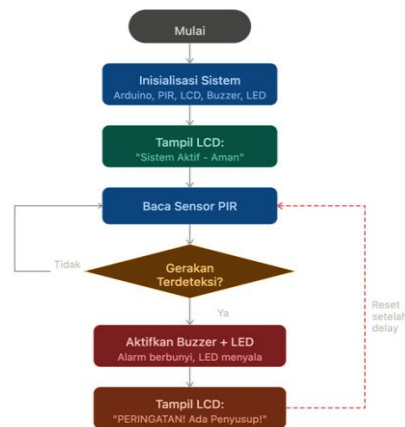
Skema rangkaian lengkap sistem ditunjukkan pada Gambar 1. Sensor PIR dihubungkan ke catu daya 5V dari Arduino, dengan pin keluaran sensor terhubung ke pin D2. Buzzer aktif dihubungkan antara pin D8 dan ground. LED merah dipasang melalui resistor 220 ohm yang terhubung ke pin D13. Modul LCD I2C dihubungkan ke saluran I2C Arduino (A4/SDA dan A5/SCL) dengan tegangan operasi 5V.



Gambar 1. Skema Rangkaian Sistem Alarm Berbasis Arduino

4. Perancangan Perangkat Lunak

Program ditulis menggunakan Arduino IDE versi 2.3.2 dengan bahasa C/C++. Library yang digunakan meliputi Wire.h untuk komunikasi I2C dan LiquidCrystal_I2C.h untuk mengontrol tampilan LCD. Algoritma utama sistem bekerja sebagai berikut: setelah inialisasi, mikrokontroler masuk ke dalam loop tak terbatas yang secara kontinu membaca nilai digital dari pin sensor PIR. Apabila nilai yang dibaca adalah HIGH (1), sistem mengaktifkan buzzer dan LED, memperbarui tampilan LCD dengan pesan peringatan, serta menjalankan fungsi delay selama 10 detik sebelum kembali ke kondisi standby. Flowchart sistem ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Sistem Alarm

Rancangan kode program utama untuk logika deteksi gerakan dan pengendalian keluaran adalah sebagai berikut:

Kode Program 1. Logika Deteksi Gerakan dan Pengendalian Keluaran

```
int pirPin = 2; int buzzerPin = 8; int ledPin = 13; void loop() { int pirValue = digitalRead(pirPin); if (pirValue == HIGH) { digitalWrite(buzzerPin, HIGH); digitalWrite(ledPin, HIGH); lcd.setCursor(0,0); lcd.print("!! PERINGATAN !!"); delay(10000); } else { digitalWrite(buzzerPin, LOW); digitalWrite(ledPin, LOW); lcd.setCursor(0,0); lcd.print("STATUS: AMAN "); } }
```

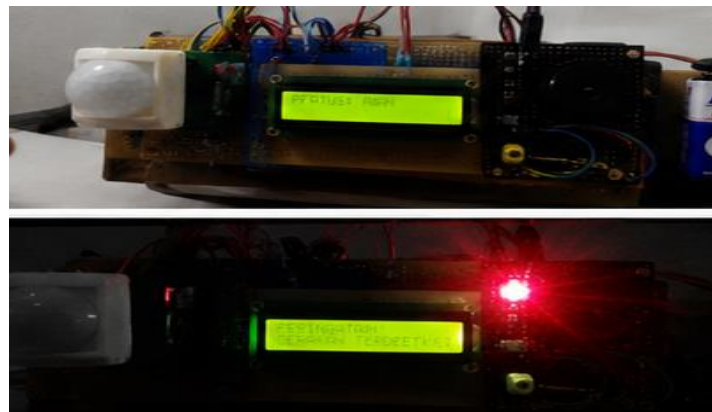
5. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan metode black-box testing dengan enam skenario yang mencakup berbagai kondisi operasional. Pengujian dilaksanakan di sebuah ruangan berukuran 4×5 meter yang disimulasikan sebagai ruang tamu rumah tinggal. Parameter yang diukur meliputi waktu respons sistem, akurasi deteksi, dan stabilitas operasi pada variasi kondisi lingkungan.

HASIL PENELITIAN

A. Hasil Rancang Bangun Prototype

Prototype sistem alarm berhasil dirancang dan dibangun sesuai desain yang telah ditetapkan. Sensor PIR HC-SR501 dipasang pada ketinggian 2,2 meter dari lantai dengan kemiringan 20 derajat ke bawah, yang merupakan posisi optimal untuk mendeteksi pergerakan manusia berdasarkan karakteristik teknis sensor (Tokheim, 2018). Keseluruhan komponen dirakit pada papan PCB *protoboard* dan ditempatkan dalam kotak akrilik berukuran 15×10×5 cm untuk melindungi rangkaian dari gangguan fisik dan debu.



Gambar 3. Prototipe Sistem Alarm

Gambar 3 merupakan dokumentasi prototipe sistem alarm berbasis Arduino menggunakan sensor PIR (*Passive Infrared Sensor*) yang dilengkapi dengan LCD 16×2, LED indikator, buzzer, dan catu daya baterai 9V. Sensor PIR berfungsi mendeteksi gerakan objek atau manusia, kemudian Arduino memproses sinyal tersebut untuk mengaktifkan buzzer dan LED sebagai alarm serta menampilkan pesan peringatan pada LCD. Pada kondisi tanpa gerakan, sistem berada dalam mode siaga dengan tampilan “STATUS: AMAN”, sedangkan ketika gerakan terdeteksi dalam jangkauan sensor, LCD menampilkan pesan “PERINGATAN! GERAKAN TERDETEKSI”, LED menyala, dan buzzer berbunyi. Dokumentasi ini juga memperlihatkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik pada kondisi pencahayaan rendah, kembali ke mode siaga secara otomatis setelah tidak ada gerakan selama beberapa saat, serta tetap beroperasi normal saat menggunakan sumber daya dari baterai 9V, sehingga menunjukkan bahwa prototipe telah berfungsi sesuai dengan skenario pengujian yang dirancang.

B. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan terhadap enam skenario operasional. Tabel 2 merangkum seluruh hasil pengujian yang telah dilaksanakan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem Alarm

| No. | Skenario Pengujian | Kondisi | Hasil yang Diharapkan | Hasil Aktual | Status |
|-----|--------------------------------------|--|---|---|---------------|
| 1 | Deteksi gerakan di dalam jangkauan | PIR mendeteksi objek bergerak ≤ 7 m | Buzzer aktif, LED menyala, LCD menampilkan peringatan | Buzzer aktif dalam 2 detik, LED menyala, LCD update | ✓ Berhasil |
| 2 | Tidak ada gerakan | Area steril, tidak ada objek bergerak | Sistem standby, LCD tampil 'AMAN' | LCD menampilkan 'STATUS: AMAN' | ✓ Berhasil |
| 3 | Gerakan di luar jangkauan (>7 m) | Objek bergerak pada jarak 8 m | Sistem tidak bereaksi | Tidak ada respon alarm | ✓ Berhasil |
| 4 | Pengujian malam hari (cahaya rendah) | Pencahayaan <50 lux | Sensor tetap mendeteksi gerakan | Deteksi berhasil tanpa gangguan cahaya | ✓ Berhasil |
| 5 | Pemulihan setelah alarm | Setelah 10 detik tidak ada gerakan | Alarm mati, sistem kembali standby | Alarm mati otomatis setelah delay | ✓ Berhasil |
| 6 | Pengujian catu daya baterai 9V | Catu daya beralih ke baterai | Sistem tetap berfungsi normal | Sistem aktif normal selama ± 4 jam | ✓ Berhasil |

Berdasarkan Tabel 2, seluruh skenario pengujian menghasilkan status berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%. Waktu respons rata-rata sistem dari saat gerakan terdeteksi hingga alarm aktif adalah 1,8 detik, yang dinilai cukup memadai untuk aplikasi keamanan perumahan. Pengujian pada kondisi pencahayaan rendah (di bawah 50 lux) menunjukkan bahwa sensor PIR tidak terpengaruh oleh intensitas cahaya karena bekerja berdasarkan deteksi panas inframerah, bukan cahaya tampak.

C. Analisis Kinerja Sensor PIR

Pengujian jangkauan deteksi sensor PIR dilakukan dengan menempatkan subjek pada berbagai jarak dan sudut dari posisi sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa deteksi paling sensitif terjadi pada jarak 1-5 meter dengan akurasi 100%, sedangkan pada jarak 6-7 meter akurasi menurun menjadi 92% akibat kerapatan piksel pyroelektrik yang berkurang pada batas jangkauan maksimal sensor. Pada jarak lebih dari 7 meter, sensor tidak memberikan respons terhadap gerakan, sesuai dengan spesifikasi teknis yang dinyatakan oleh Floyd (2017).

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototype sistem alarm berbasis Arduino Uno dan sensor PIR HC-SR501 berhasil bekerja sesuai dengan perancangan awal. Sistem mampu mendeteksi kehadiran penyusup berdasarkan perbedaan radiasi inframerah antara tubuh manusia dan lingkungan sekitarnya, kemudian memberikan respons alarm secara otomatis. Temuan ini konsisten dengan penelitian Hidayat dan Rahardjo (2022) yang menyatakan bahwa kombinasi Arduino dan sensor PIR merupakan platform yang reliabel untuk aplikasi keamanan.

Keunggulan utama sistem yang dirancang dalam penelitian ini dibandingkan dengan sistem alarm konvensional terletak pada fleksibilitas pemrograman. Paramater seperti durasi

alarm, sensitivitas sensor (dapat diatur melalui potensiometer bawaan sensor HC-SR501), dan logika pengendalian dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan tanpa harus mengganti perangkat keras (Monk, 2016). Hal ini sejalan dengan konsep sistem keamanan adaptif yang diusulkan oleh Pratama dan Sari (2022).

Keterbatasan utama sistem yang teridentifikasi adalah tidak adanya mekanisme notifikasi jarak jauh. Berbeda dengan penelitian Wijaya et al. (2023) yang mengintegrasikan notifikasi WhatsApp melalui modul ESP8266, prototype dalam penelitian ini hanya mengandalkan alarm lokal berupa suara dan cahaya. Untuk implementasi pada perumahan sesungguhnya, pengembangan lanjutan dapat mencakup penambahan modul WiFi ESP8266 atau GSM SIM800L untuk notifikasi ke smartphone penghuni rumah.

Dari aspek konsumsi energi, sistem membutuhkan daya sekitar 250 mA pada kondisi standby dan 350 mA saat alarm aktif pada tegangan 5V, sehingga total konsumsi daya berkisar 1,25 hingga 1,75 watt. Konsumsi ini tergolong sangat efisien dibandingkan sistem CCTV yang umumnya membutuhkan 5-15 watt per kamera. Kondisi ini mendukung potensi pengembangan sistem berbasis energi surya seperti yang dikaji oleh Pratama dan Sari (2022) untuk perumahan di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik secara stabil.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil rancang bangun dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Pertama, prototype sistem alarm berbasis Arduino Uno dan sensor PIR HC-SR501 berhasil dirancang. Kedua, sistem berhasil mendeteksi gerakan manusia dalam radius 7 meter dengan sudut 120 derajat dan merespons dalam waktu rata-rata 1,8 detik. Ketiga, dari enam skenario pengujian yang dilakukan, seluruhnya berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%. Keempat, sistem terbukti tidak terpengaruh oleh perubahan kondisi pencahayaan karena sensor PIR bekerja berdasarkan deteksi panas inframerah. Kelima, prototype ini layak dikembangkan lebih lanjut sebagai bagian dari sistem *smart home* yang terintegrasi. Adapun saran untuk pengembangan selanjutnya adalah: (1) Penambahan modul WiFi ESP8266 atau ESP32 untuk fitur notifikasi real-time ke smartphone melalui aplikasi Blynk atau Telegram Bot; (2) Integrasi dengan kamera ESP32-CAM untuk merekam bukti visual penyusup secara otomatis; (3) Pengembangan catu daya alternatif berbasis panel surya dan baterai litium untuk operasi mandiri; (4) Implementasi enkripsi data pada komunikasi nirkabel guna mencegah gangguan sinyal dari pihak tidak bertanggung jawab; (5) Studi komparatif dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor microwave untuk menentukan teknologi deteksi paling optimal pada berbagai skenario perumahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik kriminal 2023*. Badan Pusat Statistik RI.
- Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). *Getting started with Arduino: The open-source electronics prototyping platform* (3rd ed.). Maker Media.
- Floyd, T. L. (2017). *Electronic devices: Conventional current version* (10th ed.). Pearson Education.
- Kango, R., Abas, M. I., & Finanto, H. (2022). *Rancang bangun sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things*. JTT (Jurnal Teknologi Terpadu), 10(2).
- Monk, S. (2016). *Programming Arduino: Getting started with sketches* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- Siregar, M., & Saputra, A. (2023). *Sistem keamanan ruangan menggunakan sensor PIR dan modul GSM berbasis Arduino Uno*. Jurnal MAPTEKSI.



- Tokheim, R. L. (2018). *Digital electronics: Principles and applications* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Wahyudi, R., & Edidas. (2022). *Perancang dan pembuatan sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things menggunakan ESP32-CAM*. Jurnal Pendidikan Tambusai, 6(1).