

Metode Scoring-Based Pada Sistem Keamanan Rumah Berbasis Multi-Sensor Dan Kendali Smart Lock

Ananda Aufa Rafiqi^{1*}, Nibras Faiq Muhammad², Pramono³

¹Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

^{1*}220103046@mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

²nibras_faiqmuhammad@udb.ac.id

³Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

³pramono@udb.ac.id

Abstrak— Tingginya angka kejahatan di Indonesia yang mencapai 584.991 kasus pada tahun 2023 mendorong kebutuhan akan sistem keamanan rumah yang lebih andal dan adaptif. Sistem berbasis sensor tunggal dinilai belum memadai karena rentan menghasilkan *false alarm* yang tidak akurat. Penelitian ini menerapkan metode *scoring-based* pada sistem deteksi gerak multi-sensor menggunakan sensor PIR HC-SR501 berbobot 3 dan sensor ultrasonik HC-SR04 berbobot 2 yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32-CAM. Akumulasi total skor dari kedua sensor dibandingkan dengan nilai *threshold* untuk mengklasifikasikan kondisi menjadi tiga level keputusan, yaitu aman, waspada, dan bahaya, dengan mempertimbangkan pola pergerakan objek berdasarkan durasi aktivitas, frekuensi deteksi, dan perubahan jarak. Ketika ancaman terdeteksi, sistem secara otomatis mengaktifkan buzzer, mengunci *smart lock* berbasis solenoid, serta mengirimkan notifikasi beserta foto ke pengguna melalui Telegram Bot secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan seluruh komponen sistem berfungsi sesuai rancangan dan metode *scoring-based* terbukti mampu meningkatkan akurasi deteksi sekaligus meminimalkan *false alarm* dibandingkan sistem sensor tunggal.

Kata kunci— *Scoring-Based, Sensor PIR, Sensor Ultrasonik, Sistem Keamanan Rumah, ESP32-CAM, Smart Lock*

Abstract—The increasing rate of criminal activities in Indonesia, which reached 584,991 reported cases in 2023, underscores the importance of developing a more effective and intelligent home security system. Conventional security systems that rely on a single sensor often suffer from limited detection accuracy and are susceptible to generating false alarms. To address this issue, this study proposes the implementation of a scoring-based method within a multi-sensor motion detection system that combines a PIR HC-SR501 sensor and an HC-SR04 ultrasonic sensor, controlled by an ESP32-CAM microcontroller. Each sensor contributes a weighted score, where the PIR sensor is assigned a weight of 3 and the ultrasonic sensor a weight of 2. The combined score is evaluated against a predefined threshold to determine the security status, which is classified into three levels: safe, alert, and danger. The scoring process incorporates movement characteristics such as activity duration, detection frequency, and object distance variation to improve threat assessment. When a dangerous condition is identified, the system automatically activates a buzzer alarm, engages a solenoid-based smart lock, and transmits a notification along with a captured image to the homeowner through a Telegram Bot in real time. Experimental results demonstrate that all hardware and software components operate as intended, while the proposed scoring-based approach enhances detection reliability and significantly reduces false alarms compared to traditional single-sensor security systems.

Keywords—Scoring-Based Method, PIR Sensor, Ultrasonic Sensor, Home Security System, ESP32-CAM, Smart Lock.

I. Pendahuluan

Keamanan rumah merupakan kebutuhan mendasar masyarakat modern yang semakin krusial seiring meningkatnya angka kejahatan pencurian. Data Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat 584.991 kejadian kejahatan di Indonesia pada tahun 2023, atau setara satu kasus setiap 53 detik [1]. Kondisi ini mendorong pengembangan sistem keamanan rumah yang lebih cerdas, andal, dan mampu bekerja secara otomatis.

Dalam hal ini pada sistem keamanan rumah, keunggulan utama terletak pada *mikrokontroler* yang pada kemampuannya mengintegrasikan berbagai komponen dalam satu sistem yang terpadu, mencakup sensor sebagai masukan, aktuator sebagai keluaran,

serta modul komunikasi sebagai penghubung antar perangkat. Lebih dari itu, *mikrokontroler* juga menyediakan fondasi pengembangan yang fleksibel untuk perangkat IoT dengan konsumsi daya rendah dan biaya implementasi yang terjangkau. Kombinasi keunggulan tersebut menjadikan *mikrokontroler* sebagai komponen inti yang banyak dipilih dalam berbagai penerapan IoT, khususnya pada bidang rumah pintar (*smart home*) yang membutuhkan sistem kendali otomatis dan pemantauan jarak jauh secara *real-time* [2]. Untuk hal ini peneliti menggunakan mikrokontroler *ESP32-CAM* sebagai bentuk keamanan lebih lanjut.

ESP32-CAM merupakan varian mikrokontroler *ESP32* yang dilengkapi modul kamera terintegrasi, menjadikannya platform yang kompak sekaligus powerful untuk pengembangan sistem keamanan rumah berbasis IoT. Kemampuan konektivitas Wi-Fi pada *ESP32-CAM* memungkinkan perangkat mengirimkan notifikasi berupa foto secara real-time ke smartphone pemilik rumah melalui aplikasi Telegram ketika sensor mendeteksi aktivitas mencurigakan[3].

Berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem keamanan rumah berbasis sensor PIR sebagai pendeteksi gerak manusia, yang kemudian dikombinasikan dengan *ESP32-CAM* untuk menangkap gambar dan mengirimkan notifikasi secara otomatis melalui chatbot Telegram. Sistem tersebut terus berkembang dengan penambahan fitur pengontrolan pintu otomatis serta alarm *buzzer* sebagai peringatan ketika objek mencurigakan terdeteksi. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih terbatas pada fungsi pemantauan dan pengontrolan pintu saja, sehingga belum mampu memberikan respons keamanan yang menyeluruh dan adaptif terhadap berbagai kondisi ancaman[4]. Meskipun penelitian-penelitian tersebut telah memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan sistem keamanan rumah, penanganan ancaman yang hanya bertumpu pada pemantauan dan pengontrolan pintu dinilai belum cukup untuk menghadapi berbagai kondisi ancaman yang lebih kompleks dan dinamis.

Paramarta dan Wirawan (2026) telah memperkenalkan pendekatan verifikasi ganda dengan mengombinasikan sensor PIR dan ultrasonik yang terbukti mampu menekan tingkat false positive secara signifikan [5]. Akan tetapi, penelitian tersebut belum mengimplementasikan pembobotan nilai skor secara terstruktur pada masing-masing sensor, sehingga keputusan yang dihasilkan belum bersifat graduatif dan terukur.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan metode *scoring-based* sebagai mekanisme pengambilan keputusan pada sistem deteksi gerak berbasis dua sensor. Setiap sensor diberikan nilai

bobot yang merepresentasikan tingkat kepercayaan dan kontribusinya terhadap keputusan akhir, di mana hasil deteksi ditentukan melalui akumulasi total skor yang dibandingkan dengan nilai ambang batas (*threshold*) yang telah dikalibrasi sebelumnya. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang, mengimplementasikan, serta mengevaluasi kinerja sistem deteksi gerak berbasis metode *scoring-based* yang mampu menghasilkan keputusan deteksi secara akurat dengan tingkat false positive yang minimal.

I. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode eksperimental, yaitu pendekatan penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahapan terstruktur, mulai dari perancangan, implementasi, hingga pengujian sistem secara langsung pada lingkungan yang terkontrol. Pada sistem berbasis IoT, metode ini meliputi proses perancangan perangkat keras, integrasi perangkat lunak, serta pengujian sistem untuk menilai tingkat akurasi, keandalan, dan kestabilan kinerja sistem dalam kondisi yang mendekati penggunaan sebenarnya [6].

Pemilihan metode eksperimental didasarkan pada karakteristik penelitian yang berfokus pada pengembangan dan pengujian sistem fisik secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan observasi dan pengukuran empiris terhadap perilaku sistem pada berbagai skenario kondisi yang telah ditentukan sebelumnya.

B. Alur Penelitian



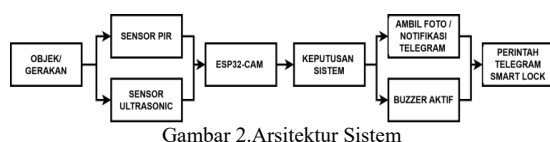
Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui lima tahapan utama yang disusun secara terstruktur dan berurutan. Tahap pertama adalah studi literatur, yaitu proses pengumpulan referensi yang berkaitan dengan sensor PIR, sensor ultrasonik, metode *scoring-based*, *ESP32-CAM*, dan smart lock. Tahap kedua adalah perancangan sistem, yang meliputi perancangan perangkat keras, perangkat lunak,

serta penyusunan skema pembobotan skor pada metode yang digunakan.

Tahap selanjutnya yaitu implementasi, berupa proses perakitan perangkat keras dan pengembangan program menggunakan Arduino IDE. Setelah sistem berhasil diimplementasikan, dilakukan tahap pengujian dan evaluasi yang mencakup pengujian fungsional, pengujian akurasi, false positive rate, serta pengujian waktu respons sistem untuk menilai kinerja dan keandalan sistem secara keseluruhan.

C. Arsitektur Sistem



Gambar 2. Arsitektur Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri dari tiga lapisan utama yang saling terhubung. Lapisan pertama adalah lapisan persepsi yang menggunakan sensor PIR HC-SR501 untuk mendeteksi pergerakan serta sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak objek. Lapisan kedua merupakan lapisan pemrosesan yang menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM untuk menjalankan metode scoring-based dalam mengolah data dari kedua sensor secara bersamaan. Selanjutnya, lapisan respons meliputi pengendalian smart lock berbasis solenoid, alarm buzzer, serta pengiriman notifikasi melalui Telegram Bot sebagai respons sistem ketika potensi ancaman terdeteksi [7].

D. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada penelitian ini menggunakan beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk mendukung sistem keamanan rumah berbasis IoT. Komponen yang digunakan meliputi ESP32-CAM sebagai pusat pengendali sistem, sensor PIR HC-SR501 untuk mendeteksi gerakan, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak objek, relay module sebagai pengendali arus listrik, solenoid door lock sebagai aktuator pengunci pintu, buzzer sebagai alarm peringatan, serta power supply sebagai sumber daya bagi seluruh komponen sistem.

E. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada sistem ini dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Sistem bekerja dengan siklus pembacaan data setiap 500 ms melalui alur logika utama, yaitu membaca data sensor, menghitung skor dari masing-masing sensor, menjumlahkan total skor, membandingkannya dengan nilai *threshold*, kemudian menjalankan aksi sesuai hasil keputusan yang diperoleh [8].

F. Metode Scoring-Based

Metode *scoring-based* merupakan suatu pendekatan dalam pengambilan keputusan otomatis yang bekerja dengan cara mengubah setiap kondisi masukan yang diterima sistem menjadi representasi nilai skor numerik tertentu, kemudian mengakumulasi keseluruhan nilai skor tersebut untuk selanjutnya dibandingkan dengan nilai ambang batas (*threshold*) yang telah ditetapkan sebelumnya [9]. Secara matematis, akumulasi total skor dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \sum (w_i \times s_i), i = 1..n$$

di mana w_i merepresentasikan nilai bobot dari sensor ke- i , s_i merupakan nilai keluaran biner masing-masing sensor (0 atau 1), dan n adalah total jumlah sensor yang digunakan dalam sistem. Sistem akan menghasilkan keputusan "Ancaman" apabila nilai total skor S memenuhi kondisi $S \geq T$, dengan T sebagai nilai *threshold* yang telah dikalibrasi. Keunggulan utama pendekatan ini terletak pada fleksibilitasnya, di mana tingkat sensitivitas sistem dapat disesuaikan cukup dengan memodifikasi nilai bobot atau *threshold* tanpa perlu mengubah struktur logika keputusan secara keseluruhan [10].

Tabel 1. Skema Pembobotan Skor

No	Parameter	Kondisi	Skor
1	PIR	Tidak Aktif	0
		Aktif	2
		>100	0
2	Ultrasonik	50-100	1
		<50	2
		<5 detik	0
3	Durasi Gerakan	5-10 detik	1
		>10detik	2
4	Frekuensi Deteksi	1	0
		2-3	1

Berdasarkan akumulasi nilai skor yang diperoleh dari seluruh sensor yang aktif, sistem mengklasifikasikan kondisi deteksi ke dalam tiga level keputusan yang masing-masing memiliki ambang batas dan respons aksi yang berbeda-beda, sebagaimana ditampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Keamanan

Total Skor	Kategori
0-2	Aman
3-5	Waspada
7	Bahaya

Penetapan nilai *threshold* pada angka 7 didasarkan pada pertimbangan bahwa nilai tersebut hanya dapat terpenuhi apabila sensor PIR dan sensor ultrasonik aktif secara bersamaan dalam satu siklus pembacaan yang sama. Dengan demikian, aktivasi dari satu sensor saja tidak akan cukup untuk mencapai nilai threshold, sehingga sistem tidak akan menghasilkan respons apapun ketika hanya satu sensor yang terpicu. Mekanisme ini secara langsung berkontribusi dalam mencegah terjadinya false positive yang kerap disebabkan oleh faktor-faktor pengganggu pada sensor tunggal, seperti pergerakan hewan peliharaan yang melewati jangkauan sensor PIR maupun fluktuasi suhu lingkungan yang dapat memicu sinyal deteksi palsu[11].

Metode *Scoring-Based* diterapkan dengan memberikan nilai pada setiap parameter yang diperoleh dari sensor, seperti sensor PIR, jarak objek, durasi pergerakan, dan frekuensi deteksi. Masing-masing parameter memiliki bobot yang disesuaikan dengan tingkat pengaruhnya terhadap kondisi keamanan. Nilai tersebut kemudian dijumlahkan untuk menghasilkan skor total yang digunakan dalam mengklasifikasikan kondisi menjadi normal, waspada, atau bahaya[12].

Pendekatan ini memiliki konsep yang serupa dengan metode *Simple Additive Weighting (SAW)*, yaitu dengan mengakumulasi nilai dari setiap kriteria untuk menghasilkan keputusan akhir

G. Skema Pembobotan Skor

Skema pembobotan skor pada setiap sensor ditentukan berdasarkan tingkat keandalan serta kontribusinya dalam meningkatkan akurasi deteksi sistem. Sensor PIR diberikan bobot skor sebesar 3 karena mampu mendeteksi radiasi inframerah dari tubuh manusia secara langsung, sedangkan sensor ultrasonik memperoleh bobot skor sebesar 2 karena berfungsi sebagai pendukung dalam memverifikasi jarak objek yang terdeteksi. Rincian skema pembobotan skor pada sistem ditunjukkan pada Tabel 3 Skema Pembobotan Skor.

Tabel 3. Skema Pembobotan Skor

Sensor	Bobot	Skor Aktif	Skor Tidak Aktif	Kondisi
Sensor PIR	3	3	0	Tedeteksi Gerakan
Sensor Ultrasonik	2	2	0	Jarak objek < 150 cm
Total	-	5	0	-

H. Keputusan Sistem

Berdasarkan total skor yang diperoleh dari kedua sensor, sistem membagi kondisi deteksi ke dalam tiga kategori keputusan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai threshold ditentukan sebesar 5 karena nilai tersebut hanya dapat dicapai ketika sensor PIR dan sensor ultrasonik aktif secara bersamaan dalam satu siklus pembacaan. Dengan demikian, aktivasi dari salah satu sensor saja tidak cukup untuk memicu respons sistem.

Tabel 4. Level Keputusan Sistem

Total Skor (S)	Level	Aksi Sistem	Keterangan
S=0	Aman	Tidak Ada	Sistem Standby
1<=S<=4	Waspada	Log Tercatat Smart lock + Buzzer +	Sensor Aktif Kedua Sensor Aktif
S>=7	Ancaman	Telegram (Mengirim Gambar/Notifikasi)	Bersamaan

I. Pseudocode Algoritma

Pseudocode algoritma scoring-based yang diterapkan pada sistem ditunjukkan sebagai berikut:

MULAI

Baca *pir_val* (0 atau 1)

Baca *dist* dari ultrasonik (cm)

JIKA *dist* < 150 cm:

us_score = 2

JIKA TIDAK: *us_score* = 0

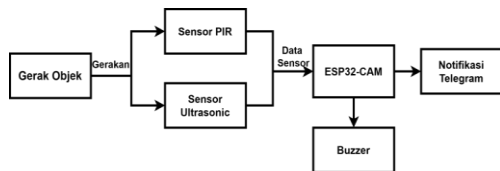
skor_pir = *pir_val* x 3

```

    skor_total = skor_pir +
    us_score
    JIKA skor_total >= 7:
        Kunci Smart Lock
        Aktifkan Buzzer
        Kirim foto + notif Telegram
    JIKA 1 <= skor_total <= 4:
        Catat log aktivitas
    JIKA TIDAK: Sistem standby
    SELESAI

```

J. Diagram Block Sistem



Gambar 3. Diagram Block Sistem

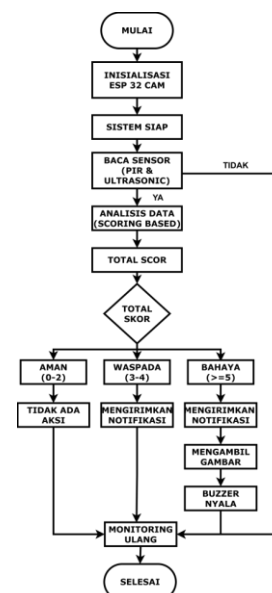
Diagram blok sistem digunakan untuk merepresentasikan hubungan serta alur kerja antar komponen dalam suatu sistem secara sederhana dan terstruktur, sehingga memudahkan dalam memahami proses kerja sistem secara keseluruhan. Gambar 1 memperlihatkan Diagram blok sistem yang menunjukkan alur kerja sistem keamanan rumah berbasis IoT yang menggunakan metode *Scoring-Based* dalam proses deteksi ancaman. Proses dimulai dari adanya objek gerakan yang dideteksi oleh sensor PIR HC-SR501 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi pergerakan berdasarkan radiasi inframerah tubuh, sedangkan sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak objek terhadap area pemantauan.

Data hasil pembacaan dari kedua sensor kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses menggunakan metode *Scoring-Based*. Pada tahap ini, sistem melakukan perhitungan skor berdasarkan kondisi sensor, durasi gerakan, serta frekuensi deteksi untuk menentukan tingkat kondisi keamanan.

Apabila total skor mencapai nilai ambang batas yang telah ditentukan, ESP32 akan menjalankan aksi keluaran berupa aktivasi aktuator seperti LED atau buzzer sebagai alarm peringatan. Selain itu, sistem juga mengirimkan notifikasi melalui Telegram kepada pengguna sebagai bentuk pemantauan jarak jauh secara real-time.

K. Flowchart Alur Kerja Sistem

Flowchart alur kerja sistem digunakan untuk menggambarkan tahapan dan urutan proses yang terjadi pada sistem secara sistematis, mulai dari proses penerimaan data (*input*), pengolahan data (*process*), hingga menghasilkan keluaran (*output*). Diagram ini berfungsi sebagai representasi visual dari cara kerja sistem sehingga memudahkan dalam memahami hubungan antarproses yang berlangsung selama sistem beroperasi. Melalui flowchart, setiap langkah yang dilakukan oleh sistem dapat dijelaskan secara lebih terstruktur, termasuk proses pembacaan data sensor, analisis menggunakan metode *Scoring-Based*, pengambilan keputusan berdasarkan hasil perhitungan skor, hingga pelaksanaan tindakan yang sesuai dengan kondisi yang terdeteksi. Dengan adanya flowchart, alur kerja sistem menjadi lebih mudah dipahami, dianalisis, dan dievaluasi, baik pada tahap perancangan maupun implementasi, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai mekanisme kerja sistem keamanan rumah yang dikembangkan. [13].



Gambar 4. Flowchat Alur Kerja Sistem

Pada Gambar 2 menjelaskan alur kerja sistem keamanan rumah berbasis IoT, proses diawali ketika sensor PIR dan sensor ultrasonik mendeteksi adanya gerakan atau objek di sekitar area pintu. Data dari kedua sensor tersebut kemudian diterima dan

diproses oleh ESP32-CAM menggunakan metode Scoring-Based.

Selanjutnya, sistem menghitung total skor berdasarkan kondisi sensor, durasi gerakan, dan frekuensi deteksi. Nilai skor yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai threshold untuk menentukan kondisi keamanan. Apabila skor belum mencapai batas yang ditentukan, sistem akan kembali melakukan proses monitoring dan pembacaan sensor secara terus-menerus. Namun, jika total skor mencapai atau melebihi threshold, maka sistem akan menjalankan beberapa aksi, seperti mengaktifkan buzzer, mengambil gambar menggunakan ESP32-CAM, serta mengirimkan notifikasi beserta foto ke Telegram pengguna secara real-time. Setelah itu, sistem kembali ke mode pemantauan untuk mendeteksi kondisi berikutnya

L. Pengujian Fungsional (Black Box)

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen sistem dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang dirancang. Proses pengujian dilakukan dengan memberikan kondisi masukan tertentu pada masing-masing komponen, kemudian mengamati respons atau keluaran yang dihasilkan oleh sistem.

M. Pengujian Akurasi dan False Positive Rate

Pengujian akurasi dilakukan menggunakan 15 skenario pengujian yang terdiri dari tiga kondisi berbeda, di mana setiap kondisi diuji. Hasil keputusan yang diberikan oleh sistem kemudian dibandingkan dengan *ground truth* yang telah ditetapkan untuk memperoleh nilai akurasi dan *false positive rate* (FPR). Perhitungan dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Akurasi} = (\text{Keputusan Benar} / \text{Total Pengujian}) \times 100\%$$

$$\text{FPR} = (\text{False Positive} / \text{Total Kondisi Negatif}) \times 100\%$$

N. Pengujian Waktu Respons

Pengujian waktu respons dilakukan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan sistem mulai dari mendeteksi kondisi ancaman hingga notifikasi beserta foto diterima oleh pengguna melalui aplikasi

Telegram. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali pada kondisi jaringan internet yang stabil. Selanjutnya, dihitung nilai rata-rata, waktu tercepat, dan waktu terlama untuk mengevaluasi tingkat responsivitas sistem.

O. Evaluasi

Evaluasi sistem merupakan tahap akhir dalam metodologi penelitian yang bertujuan untuk menilai kinerja dan keandalan sistem keamanan rumah berbasis IoT yang telah dirancang. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem mampu mencapai tujuan yang telah ditetapkan, khususnya dalam mendeteksi aktivitas mencurigakan menggunakan metode *Scoring-Based* serta mengontrol *smart lock* secara otomatis.

Proses evaluasi didasarkan pada skenario pengujian yang telah dirancang sebelumnya, meliputi pengujian fungsional (*black box*), pengujian akurasi dan false positive rate, serta pengujian waktu respons. Parameter yang dianalisis mencakup tingkat keberhasilan sistem dalam mengklasifikasikan kondisi (normal, waspada, dan bahaya), kecepatan respons terhadap ancaman, serta kestabilan sistem dalam mengirimkan notifikasi kepada pengguna.

Selain itu, evaluasi juga mempertimbangkan potensi kesalahan sistem, seperti deteksi palsu (*false positive*) maupun kegagalan deteksi (*false negative*), yang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti pencahayaan, suhu, jarak objek, serta gangguan di sekitar area sensor. Hasil dari evaluasi ini akan digunakan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan sistem, sekaligus menjadi dasar untuk pengembangan dan penyempurnaan pada penelitian selanjutnya.

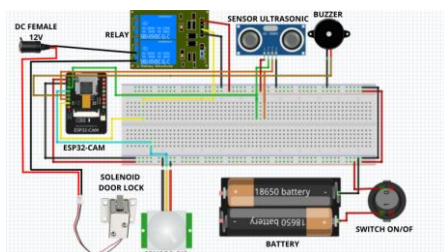
II. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi sistem

Pada tahap implementasi ini, sistem keamanan rumah berbasis IoT berhasil direalisasikan menggunakan sensor PIR dan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi aktivitas, ESP32-CAM sebagai

pengendali dan pemroses data, relay yang terhubung dengan smart lock berbasis solenoid, buzzer sebagai alarm, serta Telegram Bot sebagai media monitoring dan notifikasi secara real-time. Selain itu, metode *Scoring-Based* berhasil diterapkan pada ESP32-CAM untuk menganalisis data sensor berdasarkan perubahan jarak objek, frekuensi deteksi, dan durasi keberadaan objek di area pemantauan sehingga sistem dapat membedakan kondisi aman, waspada, dan ancaman dengan lebih akurat. Ketika ancaman terdeteksi, sistem secara otomatis mengaktifkan buzzer, mengendalikan smart lock, mengambil foto menggunakan kamera, dan mengirimkan notifikasi beserta hasil tangkapan gambar kepada pengguna melalui Telegram, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya *false alarm* dibandingkan sistem yang hanya mengandalkan satu sensor.

B. Implementasi Rangkaian Sistem



Gambar 3. Wiring Diagram Sistem

Gambar 3 memperlihatkan rancangan wiring diagram yang digunakan dalam penelitian ini. Pada konfigurasi tersebut, sensor PIR dan sensor ultrasonik HC-SR04 terhubung dengan ESP32-CAM yang berperan sebagai pusat pemrosesan data. Informasi yang diperoleh dari kedua sensor selanjutnya diolah untuk menentukan kondisi keamanan berdasarkan metode *Scoring-Based* yang diterapkan. Selain itu, modul relay digunakan sebagai aktuator untuk mengendalikan mekanisme smart lock berbasis solenoid, sedangkan buzzer berfungsi sebagai perangkat peringatan yang akan aktif ketika sistem mengidentifikasi adanya potensi ancaman berdasarkan hasil analisis sensor.

C. Implementasi Perangkat Keras



Gambar 4. Implementasi Perangkat Keras

Gambar 4 menunjukkan implementasi akhir perangkat keras yang digunakan dalam penelitian. Integrasi antara sensor PIR, sensor ultrasonik, ESP32-CAM, relay, buzzer, dan smart lock menghasilkan sebuah sistem keamanan rumah berbasis IoT yang dapat mendeteksi aktivitas di area pemantauan, melakukan dokumentasi visual melalui kamera, serta mengirimkan informasi hasil deteksi kepada pengguna secara real-time melalui Telegram Bot.

D. Pengujian Sistem Metode Scoring Based

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan metode *Scoring-Based* dalam mengolah data hasil pembacaan sensor sehingga sistem mampu membedakan kondisi aman, waspada, dan ancaman secara tepat serta memberikan respons yang sesuai terhadap setiap kondisi yang terdeteksi.

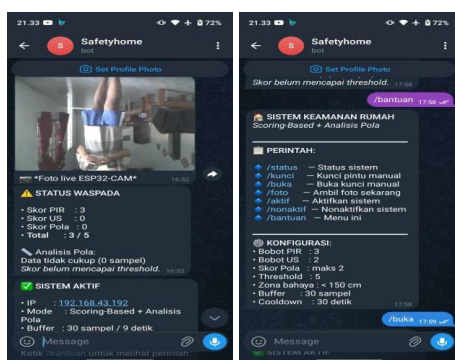
Tabel 5. Data Pergerakan Sistem Scoring-Based

No	Jarak (cm)	PIR	Skor PIR	Skor Jarak	Skor Pola Gerak	Keputusan
1	400	ON	3	0	1	AMAN
2	320	ON	3	0	0	AMAN
3	280	ON	3	2	0	WASPADA
4	200	ON	3	2	2	BAHAYA
5	160	ON	3	1	2	WASPADA
6	140	ON	3	1	1	WASPADA
7	120	ON	3	2	2	BAHAYA
8	390	ON	3	0	2	WASPADA
9	130	ON	3	2	1	WASPADA
10	110	ON	3	1	1	WASPADA
11	95	ON	3	1	2	WASPADA
12	85	ON	3	1	1	WASPADA
13	75	ON	3	1	0	AMAN
14	65	ON	3	1	0	AMAN
15	50	ON	3	1	0	AMAN

Hasil pengujian pada Tabel 4 menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan

klasifikasi aktivitas berdasarkan karakteristik pergerakan objek yang terpantau oleh sensor. Metode *Scoring-Based* mengolah beberapa parameter, yaitu lama deteksi, intensitas perubahan gerakan, dan kondisi sensor, untuk menghasilkan nilai skor yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Pendekatan ini memberikan tingkat keakuratan yang lebih baik karena memanfaatkan kombinasi data dari beberapa sensor secara bersamaan.

E. Pengujian Pengiriman Notifikasi Telegram



Gambar 5. Hasil Telegram

Gambar 5 memperlihatkan hasil pengujian fitur notifikasi Telegram yang diterapkan pada sistem. Ketika nilai skor hasil perhitungan metode *Scoring-Based* memenuhi kriteria ancaman, ESP32-CAM secara otomatis melakukan pengambilan gambar dan mengirimkan informasi hasil deteksi kepada pengguna melalui Telegram secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengirimkan notifikasi dalam bentuk pesan teks yang memuat informasi kondisi keamanan berdasarkan hasil analisis sensor. Selain itu, foto objek yang berhasil ditangkap oleh kamera ESP32-CAM juga dapat diterima dengan baik oleh pengguna melalui Telegram, sehingga memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara jarak jauh dengan lebih efektif.

F. Pengujian Smart Lock

Tabel 4. Hasil Pengujian Smart Lock

No	Perintah	Relay	Solenoid	Hasil
1	/kunci	Aktif	Terkunci	Berhasil
2	/buka	Nonaktif	Terbuka	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, smart lock dapat dioperasikan dengan baik baik melalui mekanisme otomatis yang dijalankan oleh

sistem maupun melalui perintah manual yang dikirimkan menggunakan Telegram Bot.

G. Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, penerapan metode *Scoring-Based* pada sistem keamanan rumah berbasis IoT mampu meningkatkan efektivitas deteksi ancaman dengan mengolah data dari sensor PIR dan sensor ultrasonik secara bersamaan. Sistem tidak langsung memberikan notifikasi berdasarkan satu kali pembacaan sensor, melainkan melakukan analisis terhadap pola pergerakan objek berdasarkan durasi aktivitas, frekuensi deteksi, dan perubahan jarak yang terukur, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya *false alarm*. Selain itu, integrasi ESP32-CAM dengan Telegram Bot memungkinkan proses pemantauan keamanan rumah dilakukan secara real-time dari jarak jauh melalui smartphone. Ketika sistem mengidentifikasi adanya aktivitas yang dikategorikan sebagai ancaman, pengguna akan menerima notifikasi beserta foto hasil tangkapan kamera, sehingga informasi kondisi keamanan rumah dapat diperoleh dengan cepat dan respons terhadap potensi gangguan dapat dilakukan secara lebih efektif.

III. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, sistem keamanan rumah berbasis IoT dengan penerapan metode *Scoring-Based* pada deteksi gerak multi-sensor berhasil dikembangkan dan berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Kombinasi sensor PIR dan sensor ultrasonik mampu meningkatkan akurasi deteksi aktivitas mencurigakan melalui analisis pola pergerakan, sehingga dapat mengurangi terjadinya *false alarm*. Selain itu, integrasi ESP32-CAM, smart lock berbasis solenoid, dan Telegram Bot memungkinkan proses monitoring, pengambilan gambar, pengiriman notifikasi, serta pengendalian pintu dilakukan secara real-time melalui smartphone

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada dosen pembimbing atas

segala bimbingan, arahan, saran, serta dukungan yang diberikan selama proses pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan, keluarga, dan seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, semangat, serta kontribusi yang berarti, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis turut menyampaikan apresiasi kepada Universitas Duta Bangsa Surakarta atas dukungan akademik, penyediaan fasilitas, dan lingkungan pembelajaran yang mendukung kegiatan penelitian. Selain itu, penulis mengucapkan penghargaan kepada panitia Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis (SENATIB) 2026 atas kesempatan yang diberikan untuk mempublikasikan dan menyebarluaskan hasil penelitian ini sebagai bagian dari pengembangan ilmu pengetahuan dan kontribusi bagi masyarakat akademik.

REFERENSI

- [1] Abidin, Z., Nugraha, R. A., & Santoso, E. W. (2026). Desain prototipe sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things dengan integrasi sensor pintar. *Jurnal ELECTRA: Electrical Engineering Articles*, 6(2), 1–11.
- [2] Gitakarma, M. S., Ariawan, K. U., Pracasitaram, I. G. M. S. B., & Korespondensi, P. (2024). The role of microcontrollers in IoT application development: A conceptual review and implementation. *Jurnal Komputer dan Teknologi Sains (KOMTEKS)*, 3(2), 18–24.
- [3] Kusuma, H. A., Wijaya, S. B., & Nusyirwan, D. (2023). Sistem keamanan rumah berbasis ESP32-CAM dan Telegram sebagai notifikasi. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 8(1), 30. <https://doi.org/10.32897/infotronik.2023.8.1.2291>
- [4] Rumere, S., & Manullang, V. (2024). Rancang bangun sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan sensor PIR dan ESP32-CAM. *Jurnal Ilmiah*, 12(1), 9–16.
- [5] Paramarta, D. P. A., Wirawan, I. M. W., Raya, J., Udayana, K., Jimbaran, B., & Selatan, K. (2026). Perancangan sistem notifikasi tamu menggunakan kombinasi sensor PIR dan ultrasonik. *JNATIA*, 4(2).
- [6] Nurwarsito, H., & Adaby, R. W. (2024). Pengembangan Internet of Things (IoT) dalam perekaman data iklim mikro dengan platform ThingsBoard. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 11(6), 1385–1398. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2024118987>
- [7] Maulidan, F. R., & Ardiansah, I. (2026). Rancang bangun sistem monitoring ketinggian dan volume air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor ultrasonik AJ-SR04M. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 14(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v14i1.8888>
- [8] Arif Paulus, Nicolaus, Wendy Panglima, Eka Dodi, & Dian. (2026). *PROTOTYPE SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS MULTI-SENSOR DAN NOTIFIKASI SMS MENGGUNAKAN ESP32*.
- [9] Hutagalung, Y. K., & Fahrudi, I. (2025). Pengukuran sinyal dari sensor accelerometer dan gyroscope untuk menentukan gerak jatuh pada lansia menggunakan metode ambang batas. *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, 11(2), 77–86.
- [10] Drilanang, A., et al. (2026). Implementasi sistem keamanan laci pintar: Integrasi kendali akses berbasis web dan klasifikasi anomali getaran menggunakan machine learning. *JNATIA*, 4(2).
- [11] Paramarta, D. P. A., & Wirawan, I. M. W. (2026). Perancangan sistem notifikasi tamu menggunakan kombinasi sensor PIR dan ultrasonik. *JNATIA*, 4(2), 319–326. <https://doi.org/10.24843/JNATIA.2026.v04.i02.p09>
- [12] Pangestu, G. A., Juwari, & Asyhari, M. Y. (2024). Sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan notifikasi Bot Telegram untuk pendeteksian gerak. *Jurnal Smart System*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.36728/jss.v4i1.3913>
- [13] Putra, A. N. T., Desnanjaya, N. G. M., Saputra, G. P. K., Astuti, A. K. S., et al. (2023). Perancangan sistem monitoring ketersediaan air otomatis menggunakan aplikasi Blynk berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Ilmiah. Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, 6, 154–164.